

# Talnetzstudien

von

Norbert Krebs

Sonderausgabe aus den Sitzungsberichten  
der Preußischen Akademie der Wissenschaften  
Phys.-math. Klasse. 1937. VI

Berlin 1937

Verlag der Akademie der Wissenschaften  
in Kommission bei Walter de Gruyter u. Co.

(Preis *RM* 1.50)

In älteren Phasen der morphologischen Forschung hat das Studium des Talnetzes eine große Rolle gespielt. Plutonisten und Neptunisten haben die Talbildung in den Kreis ihrer Betrachtung gezogen, die ersten die Täler aus klaffenden Spalten und in der Erhebung zurückgebliebenen Landstreifen abgeleitet, die andern darin zuerst die Spuren des sich zurückziehenden Meeres und dann allmählich die Wirkung des fließenden Wassers gesehen. Schon 1746 betonte der Schweizer Sulzer, daß die Tiefe der Täler von den Wirkungen der Flüsse herrührt, und John Playfair hat 1802 die genetischen Zusammenhänge zwischen Flußarbeit und Talbildung klar dargelegt. Obleich sich die Lehre von der erosiven Entstehung der Täler längst durchgesetzt hat, hat sich die Auffassung von der tektonischen Abhängigkeit einzelner Talstrecken nicht nur in Geologenkreisen behaupten können, wenn auch nun meist zugegeben wird, daß endogene Faktoren die Anlage vorschreiben, die Ausgestaltung aber durch das fließende Wasser erfolgt<sup>1</sup>. Was dabei die geologische Beeinflussung ausmacht, muß freilich im einzelnen erfragt werden. Handelt es sich um tektonische Linien, an denen die Erosion rascher vordringt, oder um leichter abtragbare Gesteine oder um durch die endogenen Kräfte geschaffene Abdachungen, einer sogenannten »Uroberfläche«, die die Gewässer, der Schwerkraft folgend, herabfließen, oder nachträgliche tektonische Verstellungen, die ein Abgleiten oder eine Richtungsänderung bewirken? Das sind sehr ungleiche Formen der tektonischen Beeinflussung.

Beobachtungen an dem regelmäßig angeordneten zentrifugalen Gewässernetz eines Vulkans wie des Vogelsbergs oder des Cantal in Südfrankreich lassen das erdgeschichtliche Geschehen der Vulkanaufschüttung ganz in den Hintergrund treten gegenüber den Erosionswirkungen, die sich meist schon wenige Tage nach der Eruption in der Form von Regenrillen bemerkbar machen. Wir sind längst imstande, auch schwierigere Probleme der Talgestaltung, die Zusammenfügung von Längs- und Quertälern, die Entstehung von Durchbruchstälern zu verstehen und die kausalen Zusammenhänge zwischen Bau und Gestalt darzulegen. Unter dem Einfluß von Albrecht Penck und William Morris Davis haben wir das genetische Verständnis für die »konsequenten« und »subsequenten« Talstrecken in Schichtstufenzändern gewonnen, wie sie in Franken und Schwaben, aber in ausgezeichneten Beispielen auch im Pariser und Londoner Becken entgegnetreten. Deutlich erkennt man hier auch den Kampf zwischen zwei Talsystemen, dem der sanften Abdachung mit den parallelen Linien wenig tief eingeschnittener Gewässer und den von der

---

<sup>1</sup> Spaltenbildung durch Zerrung nimmt E. Haarmann noch 1936 für die Talbildung an (E. Haarmann, Geographie und Tektonologie, Peterm. Mitt. 1936, S. 7).

steilen »Traufseite« her angreifenden Flüssen, die das Gesteinspaket gleichsam von unten her aufschlitzen. Sie sind es, die den zerlappten Rand der Schichtstufe mit ihren Spornen und Zeugenbergen schaffen. Nur ein Gesichtspunkt ist bei diesen klassischen Studien oft zu wenig betont worden: daß es sich nicht um ein Nacheinander der strukturellen Entwicklung und der Skulpturarbeit seitens der Flüsse handelt, sondern beide bis in die Gegenwart herein nebeneinander hergehen. Indem sich das Meer aus einem Sedimentationsraum zurückzieht und dieser zur einseitig gehobenen Schichttafel wird, beginnt bereits die Wirkung der Abtragung in dem trockengelegten Teil mit allen Vorbedingungen für einen Primärrumpf, der erst bei einer späteren und kräftigeren Hebung von konsequenten Flüssen zertalt werden mag.

Insofern wird die Frage nach einer wirklich tektonisch bedingten Urform nur eine näherungsweise richtige Beantwortung erfahren. Es wird auch klar, daß sich die Täler im Verlauf der exogenen Entwicklung allmählich von der tektonisch geschaffenen Oberfläche befreien, so wie die Subsequenzzonen immer jünger sind als die konsequenten Talfurchen. »Reichliches Auftreten nachträglich gebildeter Täler kann in der Tat als ein Merkmal fortgeschrittener Entwicklung angesehen werden<sup>1</sup>.« Klima und Böschungswinkel werden maßgebend für die Gestalt und die Zahl der Täler, wie dies neuerdings H. Gutersohn an einer ganzen Reihe von schweizerischen und außerschweizerischen Beispielen zahlenmäßig dargetan hat<sup>2</sup>. Aber statt der »Urabdachung« kommt nun die Petrographie und die Gefügetektonik des inneren Baues immer stärker zur Geltung: die geologische Abhängigkeit wird von der Oberfläche in den Gesteinsleib hineinverlegt, in dem Maß, in dem die Täler in diesen einschneiden. Daß die Auffassung der typischen Unterschiede der Talnetze bei wechselnden Bedingungen der Entwicklungsgeschichte, des inneren Baues und des Klimas eines der wichtigsten Ziele der morphologischen Forschung sei, hat A. Hettner ausdrücklich betont<sup>3</sup>. Es müßte gelingen, Entwicklungsreihen aufzustellen, die statt von theoretischen Erwägungen von tatsächlich vorhandenen Beispielen ausgehen.

Wenn im folgenden versucht wird, an der Hand konkreter Beispiele die Entwicklung des Talnetzes — und nur um dieses handelt es sich, nicht um einzelne Talläufe — zu verfolgen, wird der Gesichtspunkt vor allem im Auge behalten, von der rekonstruierbaren Urform auszugehen. Das ist leicht in den erwähnten Schichtstufenlandschaften oder an anderen pultförmigen Erhebungen, wie dem Erzgebirge, der Halbinsel Dekan oder am südafrikanischen Escarpment, wo grundverschiedene Abdachungsverhältnisse zusammenstoßen und nur Folgeflüsse ungleicher Länge und ungleichen Gefälles einander gegenüber treten und um den Raum kämpfen. Aber die Anfänge der Entwicklung eines Talnetzes liegen meist nicht auf Rumpfflächen oder an Basalttafelrändern, sondern in lockeren Materialien, die das Meer oder ein See zurückgelassen oder Flüsse kurz vorher aufgeschüttet haben, ehe die

<sup>1</sup> A. Hettner, Die Oberflächenformen des Festlandes. 2. Aufl. Leipzig 1928, S. 53.

<sup>2</sup> H. Gutersohn, Relief und Flußdichte, Diss. Zürich 1932.

<sup>3</sup> Siehe Anm. I S. 69.

Hebung zum Einschneiden zwang. Mit solchen einfachen, aber doch lehrreichen Fällen wollen wir uns zuerst beschäftigen. Ausgeschieden sei für dieses Mal der glaziale und der äolische Formenschatz, ebenso die Entwicklung des Talnetzes im Karst, und gewählt seien nur Beispiele aus dem humiden Klimagebiete Europas, wo die Wirkung des fließenden Wassers keine oder bloß eine sehr kurze Unterbrechung erfährt.

## I.

Wir beginnen mit einem großen Schuttkegel, wie ihn beispielsweise die Donau bei Preßburg ins oberungarische Tiefland wirft<sup>1</sup>. Sie verzweigt sich auf ihm, und drei ungleich starke Arme umschließen die beiden Inseln der großen und kleinen »Schütt«. Der nördliche Arm nimmt die Waag, der südliche die Raab auf, bevor sich alle Gewässer am Ostende des Schuttkegels bei Komorn wieder sammeln. Im toten Winkel zwischen Donau und Waag einerseits, in dem zwischen Donau und Raab andererseits liegt nicht oder wenig aufgeschüttetes Land, der Sumpfwald Súr nördlich von Preßburg, der Neusiedlersee südlich davon. Hier sammelt die Rabnitz die Gewässer aus dem tiefgelegenen Land und führt sie auf der Südseite des Schuttkegels der Donau zu, im N übernimmt diese Aufgabe das Schwarzwasser, das die Bäche aus den Kleinen Karpathen sammelt. Beide laufen in geringem Abstand den Donauarmen parallel. Den Schuttkegel selbst kennzeichnet in seinem oberen Teil Stromverwilderung, unten das Auftreten von Grundwasserquellen.

Wenn nun dieser Schuttkegel gehoben und zertalt würde, würde ein Donauarm zum Hauptfluß werden, der sich im oberen Teil zuerst einschneidet. Die anderen Arme würden selbständige schwächere Gewässer werden, die infolge der höheren Lage vielleicht sogar Wasser abgeben, um erst in der Zone des Quellaustritts wieder zu erstarken. Alle Gewässer des Schuttkegels streben radial auseinander, und soweit noch Laufverlegungen möglich sind, sind diese gegen außen gerichtet, näher an die Randflüsse heran, die auch durch den unterirdischen Grundwasserstrom gespeist werden, so daß sie (in unserem Fall Rabnitz und Schwarzwasser) an Kraft gewinnen. Der Schuttkegel der Piave in Friaul zeigt ein Anfangsstadium dieser Entwicklung zugunsten der Randflüsse Livenza und Sile, der stärker zertalte diluviale Schuttkegel der Stura di Lanzo in Piemont ein vorgeschrittenes Stadium mit schöner, selbständig gewordener radialer Entwässerung, die im NO der Torrente Malone, im SW der Torrente Casternone sammelt<sup>2</sup>. Solange die Wurzel des Schuttkegels noch nicht zertalt ist, bildet sie den höchsten Punkt, von dem aus es auf dem Kegelmantel allseits abwärts geht. Hier sind Flußverlegungen außerordentlich leicht, und es kann ein Abgleiten des Hauptstromes nach einem der beiden Randflüsse erfolgen, der sich durch seine tiefere Lage ohnehin zum Sammler eines größeren Gewässernetzes eignet.

Dieser Fall ist eingetreten bei dem großen, aus mehreren zusammengewachsenen Schuttfächer des Plateaus von Lannemezan in Südfrankreich, der 125 km im

<sup>1</sup> Vgl. die alte Österr. Generalkarte 1:200000, 35° 48' Preßburg, 36° 48' Komorn.

<sup>2</sup> Vgl. Carta d'Italia del Touring Club Italiano 1:250000, Bl. 9, Torino.

Radius und eine West-Ost-Erstreckung von 200 km hat. Nur drei Flüsse kommen heute noch aus den Pyrenäen, mit denen der Schuttfächer genetisch verknüpft ist. Von diesen wendet sich die Garonne ganz nach Osten, der Gave de Pau nach Westen. Dadurch wird der Schuttkegel zwei verschiedenen Flußsystemen zugewiesen, denn der annähernd nach N fließende Adour nimmt den Gave de Pau nebst allen westlichen Gewässern des Fächers auf, die östlichen aber sammeln sich in der Garonne, die bis unterhalb Agen die Rolle des Randflusses übernimmt. Als Hauptachse könnte die Grand Baise gelten, die rein nordwärts fließt und nahe dem Garonneknie bei Lannemezan entspringt. Nachträglich ist der ganze Schuttfächer gehoben und tief zertalt worden; seine Wurzel liegt in 660 m Höhe, die Basis auch bei Toulouse nur 140 m hoch. Das ganze Armagnac ist eine wunderbare Riedellandschaft geworden, deren Täler sich vom krönenden Deckenschotter schon tief in die Molasse eingeschnitten haben, an deren tonigen Hängen viele Rutschungen auftreten<sup>1</sup>. Die radialen Täler liegen namentlich im mittleren Teile auffallend dicht beisammen; der Weg von Westen nach Osten führt beständig hinauf und hinunter, so daß die Verkehrsbedeutung des ganzen Raumes gering ist. Auffallend ist die Asymmetrie der Talprofile. Im ganzen mittleren und östlichen Teil, dem eigentlichen Plateau von Lannemezan, stehen steile, bewaldete Osthänge sanften, kultivierten und besiedelten linksufrigen Böschungen gegenüber. Am Adour und im sogenannten Plateau du Gers und den Coteaux de Chalosse sind hingegen die linken Talseiten die steileren. Nicht mehr zu beobachten ist die Asymmetrie in den unteren Talstrecken nahe von Agen. Nachdem E. Reclus in der ostwärts gerichteten Asymmetrie eine Auswirkung des Baerschen Gesetzes sehen wollte, hat L. A. Fabre das De Lamblardiesche Gesetz von 1782 angewendet und die Talungleichseitigkeit auf die Vorherrschaft der WNW-Winde zurückgeführt<sup>2</sup>. Er mußte aber, um die andersgeartete Orientierung im Adourgebiet zu erklären, teils eine direkte, teils eine indirekte Windwirkung in Anspruch nehmen. Wenn man den ganzen Schuttkörper, wie er dank seiner Hebung heute vorliegt, als eine Einheit auffaßt, genügen meines Erachtens schon die Abdachungsverhältnisse, um das Abgleiten nach zwei Seiten zu erklären. Die Flüsse drängen dort wie da von der Krönung des Schuttfächers weg. Ausnahmen trifft man, wo Zuflüsse aus den Pyrenäen andere Arme nach N stoßen, und die Asymmetrie hört auf, wo das Oberflächengefälle in den randlichen Partien gering wird<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> L. A. Fabre, Sur le déplacement vers l'est des cours d'eau qui rayonnent du plateau de Lannemezan, C. R. A. Sc. 1898, Bd. 127, und La dissymetrie de vallées et la loi de De Baer, particulièrement en Gascogne; La Géographie, VIII, 1903. Die Landschaft schildert Laurent, L'Armagnac et les Pays du Gers. Ann. de Geogr. 1911.

<sup>2</sup> Dem De Lamblardieschen Gesetz schloß sich wie in ähnlichen Fällen schon vor L. A. Fabre A. Penck in seiner Morphologie der Erdoberfläche, Stuttgart 1894, 2. Bd., S. 113, an.

<sup>3</sup> Seither hat sich D. Faucher in einer »Note sur la dissymetrie des vallées de l'Armagnac« (B. S. Hist. Nat. Toulouse 61, 1931) mit dem Problem beschäftigt und die Erscheinung als Vorzeitform gedeutet.

Beispiele noch stärker gehobener und bereits tief zertalter Schuttkegel finden wir in Rumänien vor den Südkarpathen<sup>1</sup>. Zwischen Olt und Argesch liegt südwestlich von Curtea de Argeş in 660 m Höhe die Wurzel eines pliozänen Schutfächers, mehr als 400 m hoch über den benachbarten Talsohlen. Von ihm strahlen die Gewässer nach SW, S und SO aus. Aber keines entspringt heute im Gebirge. Einige bilden lange Flüsse wie die Vedeia, die halbwegs zwischen Turnu Magurele und Giurgiu in die Donau mündet. Ein anderer, etwas kleinerer Schuttkegel liegt zwischen Argesch und Dambovitza. Auch ihn kennzeichnet die radiale Entwässerung, aber er verliert sich nicht so allmählich in der Lößplatte wie der westliche, sondern endet an der »Podgoria« von Piteşti, dem sonnigen und dichtbevölkerten Erosionsrand des unteren Argeschtales zwischen Piteşti und Gaeşti. Nur gegen SO, wohin die Abdachung geht, wird er zur niedrigen Riedellandschaft zwischen den Flußebenen.

Die Gewässer der Schuttkegel stehen hier an Bedeutung weit zurück gegenüber denen, die dazwischenliegen. Diese haben ihre Quellen im und teilweise sogar jenseits des Hochgebirges und gewinnen darum auch verkehrsgeographisch größere Bedeutung. Indem sie aber den Raum zwischen den Schuttkegeln benützen, sind sie in der Lage, in dieser Vorbergzone alle Gewässer zu sammeln, die dazwischen laufen, und noch einen Teil der Flüsse aufzunehmen, die von den Schuttkegeln radial abfließen. Die Lage von Piteşti, wo sich Argesch und Argeschul vereinigen, die selbst aus sechs großen Flüssen gebildet sind, wird so zum Fächerknauf einer zentripetalen Entwässerung neben der zentrifugalen der Schuttkegel. Ein Wechsel zusammenlaufender und auseinanderstrebender Gewässer kennzeichnet die ganze Landschaft der »Muscele« westlich der Dambovitza, während östlich von dieser mit der jüngeren Faltung (auch des Pliozän) ein anderer Formenschatz und auch ein anderer Plan im Gewässernetz auftritt<sup>2</sup>. Nur da, wo die jüngsten tertiären (levantinen) Schuttkegel zwar gehoben und schräg gestellt, aber nicht wesentlich gestört sind, sind ihre Formen noch intakt. Hier steigt man auf den Schuttkegeln fast auf die Höhe des benachbarten Gebirges hinauf. Aber diese pliozänen Schuttkegel sind nur die jüngsten ihres Geschlechts. Bei Calimaneşti und oberhalb von Râmnicu Vâlcea quert der Olt, nördlich Curtea de Argeş auch der Argesch alttertiäre und miozäne Ablagerungen, die die Gebirgsbildung schon stärker ergriffen und schräg gestellt hat. Steil aufgerichtete Schotter und Sande werden hier von jüngeren Terrassen gekappt. »Eine langsame Aufwölbung oder Schrägstellung, die durch lange Perioden der jüngeren Erdgeschichte hindurchreicht, hat hier stets wieder die alten Schuttkegel des Gebirges ergriffen und sie erneut zu einem Gebirge gestempelt<sup>3</sup>.« Aber in den steil

<sup>1</sup> Österr. Generalkarte 1 : 200000, Bl. 42° 45' Râmnicu Valcea und 43° 45' Targovişte. Dazu E de Martonne, *La Valachie*, Paris 1902, und *Recherches sur l'évolution morphologique des Alpes de Transsylvanie*; *Rev. de Geogr. Annuelle* 1906 und *Annales de Geogr.* 1908.

<sup>2</sup> N. M. A. Popp, *Classifications géographiques de la zone subcarpatique roumaine* *Bull. S. R. R. de Geogr.* 54, Bukarest 1936 (rum. mit franz. Resumée).

<sup>3</sup> W. Behrmann, *Die Südkarpathen aus »Der Wanderer«*, Siebenbürg. Karpathenverein, Ortsgruppe Bukarest, 1924.

gestellten Ablagerungen ist nicht nur die Form der Schuttkegel oder Deltaoberflächen verlorengegangen, es hat sich auch ein anderes Gewässernetz durchgesetzt. Der Wechsel sandiger und toniger Schichten mit Konglomeraten, die in den jungen Schuttkegeln übereinanderliegen, erfolgt hier nebeneinander. Damit wird eine selektive Abtragung möglich. Es entsteht eine Schichtkaminlandschaft mit W-O verlaufenden Tälchen, die unter rechtem Winkel den Hauptfluß erreichen. In Subsequenzzonen sind die Riedel zwischen den Haupttälern stark erniedrigt, so daß der Zusammenhang zwischen dem Gebirge und den jüngeren Schuttkegelflächen unterbrochen ist. In ihnen aber liegen die Talweitungen und dicht besiedelte Landstriche, die sich zwischen das menschenleere Gebirge und die auch nur dünn bevölkerten Oberflächen der Schuttkegel legen. Mehrfach geht die normale N-S-Entwässerung in einer solchen Subsequenzzone in eine west-östliche über. Wo dann östlich der Dambovitza auch der junge Schutt in die Faltung einbezogen ist, hören die südwärts geneigten Plattformen völlig auf, und es beginnt das subkarpathische Hügelland mit ausgesprochenen Längstalzügen in neogenen Synklinalen<sup>1</sup>.

Es ist nur noch ein kleiner Schritt in der Entwicklung vorwärts, wenn wir einen kurzen Blick auf die beiden großen obermiozänen Schuttkegel werfen, die im Schweizer Mittelland liegen. Ihre Nagelfluhbildungen gehören heute nicht mehr vorhandenen Flüssen an, die ihren Schutt aus den Alpen bezogen. R. Staub hat sie vor kurzem zu rekonstruieren versucht<sup>2</sup>. Der eine Schuttkegel bildet das Bergland an der Töß, das im Hörnli 1137 m Höhe erreicht und seine Gewässer nach N und NW sendet, dem anderen gehört der 1411 m hohe Napf zwischen Emmental und Entlebuch an, wo die Erhebung und die Ausräumung der Randzone gegen die Alpen eine vollkommen radiale Entwässerung geschaffen hat, die nicht nur konform der alten Schuttoberfläche gegen NW und W, sondern auch gegen S und SO, also gebirgsinwärts, gerichtet ist. O. Flückiger<sup>3</sup> und H. Gutersonn<sup>4</sup> haben die intensive Zertalung der Gruppe mit ihren fein verzweigten Gräben und »Krächen« berechnet. Man sieht, daß das heutige Gewässernetz sich von dem der alten Schuttkegeloberfläche befreit hat und dieser zum Ausgangspunkt einer selbständigen, aber untergeordneten Entwässerung geworden ist. Auch hier umfließen nunmehr die großen Gewässer das alte Aufschüttungsgebiet; das Relief muß sich umgekehrt haben.

Daß gehobene und zertalte Schuttkegel zu Gebieten der Verarmung und Abwanderung des Flußnetzes werden, kann man noch an vielen Orten beobachten.

---

<sup>1</sup> Ein schöner alter Schuttkegel liegt bei Beius (Belenyes) an der Schwarzen Körösch westl. d. Bihargebirges (Österr. Spezialk. Z. 19. Col. XXVII). Auch hier gehen die heutigen größeren Gewässer außen herum.

<sup>2</sup> R. Staub, Grundzüge und Probleme alpiner Morphologie. Denkschr. Schweizer. Naturf. Ges. Bd. 69, Zürich, 1934.

<sup>3</sup> O. Flückiger, Morphologische Untersuchungen am Napf, Jahresber. Geogr. Ges. Bern, 1919.

<sup>4</sup> H. Gutersonn, Relief und Flußdichte, Diss. Zürich 1932.

Einer meiner Schüler, G. Ulsamer, hat es im Markgräfler Hügelland an der Westseite des Schwarzwaldes gezeigt<sup>1</sup>. Die altdiluvialen Schuttkegel des Sulzbachs und des Klemmbachs kommen in der Isohypsenführung gut heraus und tragen auch noch den Hauptfluß, der aber in der Vorbergzone keine Zuflüsse erhält. Zwischen den beiden Schuttkegeln aber sammelt der Bach von Buggingen die Gewässer, die ihm zentripetal zuströmen.

Bei so steil eingesenkten Tälern wie denen des Napfs kann von einer Talasymmetrie nicht die Rede sein. Sonst aber bestätigt sich in all den genannten Beispielen, daß auf dem Schuttkegelmantel ein Abgleiten nach außen, im linken Flügel also nach links, im rechten nach rechts zu beobachten ist, gleichgültig wie immer die Exposition sein mag. Das De Lamblardiesche Gesetz findet also vielfache Durchbrechung. Im Bereich der zentripetalen Sammeladern zwischen den Schuttkegeln aber beobachtet man, daß die sich vereinigenden Gewässer gleichfalls nach außen drängen und die Randpartien des Schuttkegels unterschneiden, weil sie meist Zuflüsse aus dem Innern der Mulde, nur selten aber vom Schuttkegel selbst erhalten. Die Dambovitza drängt westwärts, der Argeschul ostwärts an den sie flankierenden Schuttkegel heran, ebenso Argesch und Topologu an den westlichen der beiden Schuttfächer. In Raum und Zeit führt dies zur Verkleinerung und dem allmählichen Abbau des radial divergierenden Flußsystems zugunsten des speichenförmig konvergenten, zugleich zur Aufzehrung der Schuttkegel und — vor der Zertalung — zu einem Ausgleich der Niveaueverschiedenheiten, weil die Mulden aufgefüllt werden.

## II.

Gehen wir von den Schuttkegeln weiter hinaus in die Aufschüttungsebenen, so treffen wir hier die Dammfüsse mit den rutenförmig danebengelegten Zuflüssen, die erst viel weiter unten unter spitzem Winkel sich mit dem Hauptfluß vereinigen. Die Poebene und das Gangestiefeland sind die bekanntesten Beispiele für diese Art der Flußnetze. Auch sie werden zu Talnetzen, wenn sich die Flüsse einschneiden müssen. Das oststeirische Hügelland, das durch die Untersuchungen von Hilber<sup>2</sup>, Sölch<sup>3</sup> und A. v. Winkler<sup>4</sup> besonders gut bekanntgeworden ist, zeigt im Raab-

<sup>1</sup> G. Ulsamer, Das Markgräfler Hügelland, Wissensch. Veröffentl. d. Geogr. Fachschaft d. Univ. Freiburg im Br. 1929, S. 40.

<sup>2</sup> V. Hilber, Asymmetrische Täler; Peterm. Mitt. 1886. — Über eine einseitige westliche Steilböschung der Tertiärrücken südöstlich von Graz, Verhdl. Geol. Reichsanstalt, Wien 1882. — Die Entstehung der Talungleichseitigkeit; Mitt. naturw. Ver. f. Steiermark 1889.

<sup>3</sup> J. Sölch, Ungleichseitige Flußgebiete und Talquerschnitte, Peterm. Mitt. 1918. — Das Grazer Hügelland, Sitz.-Ber. d. Wiener Akademie, 130, 1921. — Die Windischen Bühel, Mitt. Geogr. Ges. Wien, 62, 1919. — Die Landformung der Steiermark, Graz 1928.

<sup>4</sup> A. Winkler, Das Abbild der jungen Krustenbewegungen im Talnetz des steirischen Tertiärbeckens, Z. D. Geol. Ges. 78, 1926. — Die morphologische Entwicklung des steirischen

im Mur- und Draugebiet viele Beispiele; andere finden sich in Niederbayern beiderseits der unteren Isar, in Südmähren und dem niederösterreichischen Weinviertel, im Inneren Siebenbürgens und im nördlichen Serbien. Weiterentwickelte Formen treffen wir im mittleren und südlichen Frankreich und im Bereich der Russischen Tafel, um bei europäischen Beispielen zu bleiben.

Im Raabgebiet sind noch die Nachwirkungen alter Schuttkegel erkennbar, deren Krönung bereits abgetragen ist. Das ganze Lafnitzgebiet liegt zwischen zwei Schutt-fächern oder Deltas (Flußknoten von Fürstenfeld, nach Winkler einer jüngstpliozänen »Einmuldung« zuzurechnen), deren einem die Raab folgt, während der andere durch die Pinka und den Strembach gekennzeichnet wird. Aber die Vereinigungsstellen zeigen die Flußverschleppung an; mit der Ausbildung von Riedeln zwischen den Flüssen bilden sich kleine Zuflüsse zugunsten der Hauptsammelader, aber zum Nachteil des abgedrängten Nebenflusses, der dafür wieder die Gewässer von außen her sammeln kann. Damit entstehen asymmetrische Talnetze mit einer einseitig verschobenen Lage der Wasserscheide und meist auch einseitigen Talprofilen, weil die bogenförmig angeordneten Flüsse nach außen drängen und von den auf der anderen Seite mündenden Zuflüssen auch dort hinübergedrängt werden. Den Vorgang hat J. Sölch beschrieben und die Vermutung geäußert, daß Schrägstellungen des ganzen alten Ablagerungsgebietes für die asymmetrische Gestaltung maßgebend sind, nachdem ich schon 1913 die Geltung des Hilberschen Gesetzes in Zweifel gezogen hatte<sup>1</sup>. Die Neigung geht im großen und ganzen gegen O und SO, so daß die östlichen und die südlichen Gehänge die steileren sind. Stets weit nach N verschoben liegt die Wasserscheide zwischen Raab und Mur, Mur und Pößnitz, Kainach und Laßnitz, Laßnitz und Sulm, auch zwischen Raab und Zala, Zala und Kerka. Die neueren geologischen Aufnahmen von Winkler haben weitere Erfahrungen hinzugefügt, die das Bild etwas variieren, den Einfluß junger Tektonik aber durchaus bestätigen. Seit dem jüngsten Pliozän hat die Mur ihren Lauf zwischen Leibnitz und Radkersburg um mehr als 20 km nach S verlegt, und ihre linksseitigen Zuflüsse sind um diesen Betrag länger geworden. Die Raab aber muß in junger geologischer Vergangenheit unterhalb Feldbach nach N gedrängt haben, in einer Phase der Tiefenerosion, während sie jetzt eher akkumuliert<sup>2</sup>. Die Ursache des ungleichen Verhaltens der beiden Flüsse liegt in einer Aufwölbung des »Grabenlandes« in der Gegend östlich von Gleichenberg, die die Gewässer nach allen Seiten abgleiten läßt<sup>3</sup>. Die Zuflüsse der Raab drängen zwischen Feldbach und Jennersdorf auf

---

Beckens in der jüngeren Tertiärzeit, Mitt. Geogr. Ges. Wien, 69, 1927. — Aufschüttung, Abtragung und Landformung am Ostrand der Alpen, Akadem. Anzeiger d. Akad. d. Wiss. Wien, 1933.

<sup>1</sup> N. Krebs, Länderkunde d. österr. Alpen, Stuttgart 1913, S. 384; vgl. auch Die Ostalpen u. das heutige Österreich, Stuttgart 1928, 2. Bd., S. 242.

<sup>2</sup> A. Winkler, Erläuterungen z. Geolog. Spezialkarte d. Republik Österreich, Blatt Gleichenberg, Wien 1927, S. 118ff. — Ergebnisse über junge Abtragung und Aufschüttung am Ostrand der Alpen. Jb. Geol. Bundesanstalt, Wien 1933, S. 254f.

<sup>3</sup> Österr. Spezialkarte 1 : 75000, Blatt Gleichenberg, Zone 18, Col. XIV.

beiden Seiten des Haupttales westwärts, also dem Flußgefälle entgegen, was weder der Hilberschen Auffassung noch der allgemeinen Abdachung gegen die Ungarische Tiefebene entspricht. Der Silberberg südlich von Jennersdorf liegt wie in der Nabe eines Rades, von dem die Speichen allseits auseinandertreten. Im NW geht die Abdrängung nach W und NW, im NO gegen O und SO, im SO nach SO und S, im SW nach S und SW<sup>1</sup>. Zwischen der Raab und der Feistritz aber liegt eine Einmündungszone, die sich nach dem oberungarischen Tiefland fortsetzt.

An der Lendva und der Stainz, die lange der Mur parallel fließen, hat man Beispiele freier Verschleppung in ebenem Gelände, das durch Lateralerosion gewonnen ist. Im Abstaller Feld oberhalb von Radkersburg hat eine Uferkonkave der Mur den Riedel, der deren Ebene vom Stainzertal trennt, schon fast ganz durchstoßen. Hier ist das Hügelland, das aus einer alten Aufschüttungsfläche hervorgegangen ist, in völliger Aufzehrung, und damit verschwindet natürlich auch das auf ihm ausgebildete Gewässernetz. Aber weiter im SW ist es in den »Windischen Büheln« gut erhalten. Hier fließt die Pöbnitz in einem 3 bis 4 km breiten Tal lange der Drau parallel. Ihre von N kommenden Zuflüsse warfen sie ganz an den Südrand ihres Flußgebiets. Aber die offenbar noch nicht erlahmte Hebung des Bacherngebirges drängt heute sowohl die Drau wie auch die Pöbnitz nach N und NO. Die Drau fließt dicht unter den Windischen Büheln hart am Rand ihres eiszeitlichen Schuttkegels, den K. Troll genauer beschrieben hat<sup>2</sup>. So entstand bei Marburg durch die einander entgegenarbeitende Asymmetrie zweier Flußgebiete eine Verengung des Hügellandes auf 3 km, die es Bahn und Straße ermöglichen, aus dem einen ins andere überzutreten. Aber nur bis zur Pöbnitzmündung macht sich an den linksseitigen Zuflüssen der Drau das Abdrängen gegen O, NO und SO erkennbar, in dem wir eine Auswirkung der jungen Alpenhebung sehen; bei Friedau drängen die von N kommenden Gewässer nach links. Liegt auch hier eine Aufwölbung vor oder eine alte Schuttkegeloberfläche? Das Hügelland zwischen Luttenberg, Friedau und Csakaturm ist noch 350 m hoch<sup>3</sup>. Aber die Ausgangsflächen sind hier im Süden, wo die Gebirgshebung am kräftigsten war, nirgends mehr erhalten. An den Beispielen der Drau und der Bednja südlich der Drau lernen wir schon Fälle der Verschleppung kennen, wo der Fluß in kräftiger Tiefennagung durch die lockeren Ablagerungen durchgestoßen ist und sich im Untergrund (Leithakalk und andesitische Tuffe) den Lauf festgelegt hat. Von Beispielen dieser Art soll später noch die Rede sein.

Schöne Beispiele der Flußverschleppung auf einer alten, aus Meeresgrund hervorgehenden Aufschüttungsfläche zeigt das Tertiärhügelland Niederbayerns. Hier empfangen die Große Laber (in ihrem W-O-Lauf), die Isar unterhalb von Landshut

<sup>1</sup> Gerade hier sind mittelplozäne Schotter von der Abtragung verschont geblieben, so daß wir ausnahmsweise ein Stück der Ausgangsfläche vor uns haben.

<sup>2</sup> K. Troll, Die jungglazialen Schotterfluren im Umkreis der Deutschen Alpen, Forsch. z. D. Landes- u. Volkskunde, 24/4, Stuttgart 1926.

<sup>3</sup> Österr. Spezialkarte 1 : 75000, Z. 19, Col. XIV, XV, Z. 20, Col. XIV, XV.

und die Vils von N her kaum noch Zuflüsse. Ebenso bekommt die Amper, die von Dachau an der Isar parallel fließt, ihre Zuflüsse nur von N und W. Hingegen sind an den nach O gehenden Gewässern der Isen und Rott keine einseitigen Flußgebiete zu erkennen. Die großen Flüsse, vor allem die Isar, drängen nach rechts, die kleinen meridional gerichteten, gleichgültig ob sie linke oder rechte Zuflüsse sind, wie schon A. Penck gezeigt hat, nach O und NO. Das ist wieder die Richtung der allgemeinen Abdachung. An den Einfluß der Westwinde möchte ich nicht mehr glauben, weil die Täler zu tief sind, um dem Wind in der Sohle noch so starken Einfluß zu gestatten, daß sich ganz rezente Prallstellen ausbilden könnten. Ausnahmen treten auf, wo von O Zuflüsse kommen, die die Gewässer nach der anderen Seite drängen, und in der Nachbarschaft des Donaumooses, das als lokales Senkungsgebiet eine Ablenkung nach W und NW auslöst.

In Südmähren und im Niederösterreichischen Weinviertel ziehen parallele Gewässer vom Böhmischem Massiv ins Tertiärhügelland herab, einer alten Küstenebene folgend. Diese ist in 380 bis 360 m Höhe als Rumpffläche im Kristallin und als Akkumulationsfläche davor noch gut erhalten. Die konsequente Entwässerung ist aber schon größtenteils außer Funktion gesetzt. Im N sammelt die Thaya alle Gewässer vor dem Durchbruch zwischen den Pollauer Bergen und dem Marsgebirge: ein Prozeß, der sich erst im Diluvium vollendet hat, denn 60 m über Tal bestehen noch die Durchgänge der einzelnen Abdachungsflüsse bei Auspitz, Nikolsburg und Poisdorf. Im S trat nach Keindl<sup>1</sup> zuerst eine Orientierung gegen die Thaya und später eine solche zur Donau ein. Kamp, Schmieda und Göllersbach beschreiben deshalb ein scharfes Knie gegen S. Auf der Höhe des Manhartsberges sind aber noch die alten Taltorsi erkennbar. Die nach O gehende Abdachung erklärt die asymmetrischen Talprofile, die die Steilseiten im O und SO haben.

Ein ausgezeichnetes Beispiel eines verlandeten Seebeckens bietet das Innere Siebenbürgens. Die Riedelflächen, aus denen das heutige Hügelland herausgeschnitten ist, sind pontischen Alters. Eine oberpliozäne Schotterdecke ist bei Schäßburg schon 100 m tiefer zur Ablagerung gekommen<sup>2</sup>. Die Täler liegen teilweise schon 300 m tief unter den stark abgetragenen Resten der Verlandungsfläche, die im S und SO in 650 m, im W am Austritt der Mieresch (Maros) in 500 m, am Austritt der Szamos unterhalb Dés (Dej) wenig höher liegt<sup>3</sup>. Heute wird das Becken von parallelen Gewässern in O-W- bzw. WSW-Richtung durchmessen, und die kleineren Zuflüsse kommen von N und S. Wiederum treten einseitige Flußgebiete

---

<sup>1</sup> J. Keindl, Untersuchungen über die tertiären Schotter d. westl. Weinviertels, Mitt. Geogr. Ges. Wien, 72. Bd., 1929. — Vgl. Österr. Spezialkarte 1:75000, Z. 10 und 11, Col. XIV und XV.

<sup>2</sup> L. Sawicki, Beiträge z. Morphologie Siebenbürgens. Bull. de l'Academie des Sciences de Cracovie 1912. — H. Wachner, Beiträge z. Geologie der Umgebung von Segesvar, Földtani Közlöny, 41. Bd., 1911.

<sup>3</sup> Die westlichen Randzonen des Siebenbürger Beckens sind aufgebogen. Mieresch und Szamos durchmessen sie in antezedenten Durchbrüchen, so daß im Durchbruch die Riedel etwas höher liegen.

und ungleiche Böschungsverhältnisse in Erscheinung, besonders auffallend im mittleren Teil des Beckens zwischen Mieresch, Kleiner und Großer Kokel<sup>1</sup>.

Die Hauptflüsse sind sämtlich ganz nach N gedrängt, und dicht über ihrem rechten Steilufer liegt schon die Wasserscheide gegen das nördlichere Flußgebiet. Die längeren Zuflüsse kommen von S. An den Zuflüssen selbst ist meist die Ostseite die steilere, gleichgültig, ob dies die linke oder die rechte Talseite sei. Die Krönung der Höhen bilden Sande, darunter stehen mächtige Tone an, in denen es zu großen Rutschungen und ausgedehntem Erdfließen kommt, so daß tiefe trichterförmige Dellen entstehen und oft nur schmale Grate dazwischen übrigbleiben. Man beobachtet oft das Abgleiten der Gewässer an undurchlässigen Schichten und eine Verschärfung der Asymmetrie durch die ausgedehnten Rutschmassen. Damit erklären sich aber auch die Ausnahmen in der Anordnung der Asymmetrien, die die bisherigen Theorien vernachlässigt haben. Gerade bei Schäßburg drängen ein paar südseitige Zuflüsse nach W statt nach O, weil hier eine kleine Antiklinale durchläuft, so daß das mit dem Auge kaum wahrnehmbare Schichtfallen gegen W geht. Ähnliches wiederholt sich bei Mediasch. Die Beckensedimente sind flach gewellt, und die NW-SO streichenden Antiklinalen haben in den letzten Jahrzehnten wegen des in ihrem Scheitel auftretenden Erdgases auch eine hervorragende wirtschaftliche Bedeutung erlangt. Diese Wellung scheint die Talasymmetrie zu bestimmen.

Ob dabei die konsequenten Haupttäler mit ihren steilen rechten Ufern auch einem solchen Abgleiten ihr asymmetrisches Profil verdanken, müßte noch untersucht werden. Zunächst darf man darauf hinweisen, daß im ganzen südlichen und mittleren Teil des Beckens eine Neigung der Riedelflächen gegen N besteht, wahrscheinlich infolge einer stärkeren Hebung der südlichen Randpartien. Damit wäre das Abgleiten gegen N selbst dann leicht verständlich, wenn das Schichtfallen nach anderer Seite ginge. Und dafür gibt der nördliche Teil des Beckens gute Anhaltspunkte. Schon an der Mieresch verliert sich nämlich die Asymmetrie der Wasserscheiden. Sie bekommt unterhalb von Targul Mureşului (Maros Vasarhely) von beiden Seiten Zuflüsse, die längeren sogar von N, aus der Câmpia (Mezőség), dem flachsten und einförmigsten Teil des Beckens, das im Ponticum schon landfest gewesen ist, obwohl hier die Höhen heute kaum über 500 m ansteigen. Auch an der Großen Szamos gibt es kein asymmetrisches Flußgebiet, wenn auch die Täler fast alle steile O- und NO-Gehänge aufweisen. Hier ist kein nordseitiges Gefälle mehr, im Gegenteil hebt sich das Becken gegen den Szamosdurchbruch und gegen das Laposgebirge wieder etwas heraus. Das gleiche gilt vom ganzen Westrand, dem deshalb konsequente Abdachungsflüsse in W-O-Richtung zu eigen sind. Auch nach O steigt das Land an den großen Flüssen aufwärts. Aber der Ostrand des heutigen Beckens ist nicht sein alter Rand. Die Vulkanreihe, die vom Calimangebirge zur Hargita zieht, ist ein ganz junges, spättertiäres und diluviales Gebilde, das eine gewaltige

<sup>1</sup> Österr. Spezialkarte 1 : 75000, Z. 20 und 21, Col. XXX und XXXI.

Verlagerung der Massen in der oberen Erdkruste bewirkt haben muß. An der Kokel, die jetzt im vulkanischen Gebirge entspringt, findet man Schotter aus Kristallin und Kalk, die nur von der Ostseite der Hargita herrühren können und abgelagert wurden, ehe dieses Gebirge aufgeschüttet war. Hier dürfte das Oberflächengefälle also mehrfach gewechselt haben.

An der Ostseite Italiens sind in den Marken und im Picenerland noch große Stücke der pliozänen Strandplattform erhalten geblieben, obwohl sie seither um 200 bis 400 m emporgehoben wurde. Sie tragen noch die Sedimentdecke des Astiano, während weiter landeinwärts die stärker gehobene Fortsetzung schon der Abtragung zum Opfer gefallen ist. Br. Castiglioni hat dem Gebiet, das von einer Reihe konsequenter Flußläufe gequert wird, eine schöne Studie gewidmet<sup>1</sup>. Das Schichtfallen ist gegen O und NO gerichtet, die Seitentälchen zeigen dementsprechend eine Asymmetrie mit sanften und glatten, nach O und NO gewandten Hängen und steilen, nach W und SW exponierten Flanken, die von Racheln und Rutschgelände (»Callanchi«) völlig zerfranst sind. Zu dieser strukturellen Asymmetrie gesellt sich aber an den Hauptflüssen eine junge orogenetische. Dort, wo wenigstens in jüngerer Zeit im S die Hebung geringer gewesen ist als im N, gleiten die Flüsse (Tronto, Tavo, Pescara usw.) nach S ab. Das rechte Ufer ist das steile, und das ganze Einzugsgebiet liegt auf der anderen, nördlichen Seite. Wo sich Einmuldungen in der Decke des Astiano zeigen, ist das Gewässernetz immer auf der Seite breiter entwickelt, die dem längeren Schenkel der Mulde entspricht (Moro, Sangro, Sinello)<sup>2</sup>. Der Verfasser bestätigt diese Erfahrungen auch aus Toscana auf Grund von Karten der postpliozänen Aufwölbung. Die Hebungachsen des Monte Amiata und der Cornate sind Ausgangspunkte einer radialen Entwässerung, der Ombrone aber sammelt seine Zuflüsse in einer Muldenzone wie der untere Arno. Auch dessen Nebenflüsse Era und Elsa fließen in Teilmulden. Überall zeigt sich das Abgleiten der Gewässer in der Richtung des tektonischen Gefälles.

### III.

Auf Grund dieser und ähnlicher Erfahrungen erscheint es nötig, die Frage der Talasymmetrie auch dort nochmals zu überprüfen, wo sie in festen Gesteinen auftritt, wie etwa auf der Muschelkalkplatte Frankens, auf der Nordabdachung des Sächsischen Erzgebirges oder auf der Podolischen Platte. In meiner Arbeit über Istrien<sup>3</sup> habe ich mich seiner Zeit dahin ausgesprochen, daß die sanfte Neigung der nach S schauenden Gehänge in der Flyschlandschaft einerseits dem tektonischen Gefälle gegen die Adria, andererseits der stärkeren Einböschung des luvseitigen

<sup>1</sup> Br. Castiglioni, Ricerche morfologiche nei terreni pliocenici dell'Italia centrale. Pubbl. dell'Istituto di Geografia della R. Università di Roma, A/4, Roma 1935. — Carta d'Italia del Touring Club Ital. 1 : 250000, Blatt 25, Ancona, 29, Chieti, 30, S. Severo.

<sup>2</sup> Siehe das Kärtchen bei Castiglioni, S. 69.

<sup>3</sup> N. Krebs, Die Halbinsel Istrien, Geogr. Abhdl. IX/2, Leipzig 1907, S. 50.

Gehänges bei sciroccalen Regen entspreche. Im Serbischen Hügelland habe ich auf die asymmetrische Entwicklung verschleppter Flußsysteme und auf die stärkere Abspülung der lößbedeckten Hänge hingewiesen, deren Schwemmaterial den Fluß nach der anderen Seite drängt<sup>1</sup>. In Niederbayern habe ich mich wie in der Oststeiermark für die Schrägstellung als der entscheidenden Kraft ausgesprochen, auf die auch J. Stiny mit großem Nachdruck hingewiesen hat<sup>2</sup>. J. Sölch hat für die Podolische Platte eine leichte Schrägstellung gegen SO zur Erklärung der Asymmetrie herangezogen<sup>3</sup> und A. A. Borsow kam in einer kritischen Studie für Südrußland außerhalb des vergletscherten Gebietes ganz allgemein zur Erkenntnis, daß für die Talgestaltung in erster Linie die allgemeine Neigung der Oberfläche maßgebend sei<sup>4</sup>. Asymmetrien durch ganz rezente Krustenbewegungen hat auch R. Toki in Japan nachgewiesen<sup>5</sup>.

Wir haben also Stimmen für die aus den vorhergehenden Beispielen zu belegende Auffassung, daß sowohl die asymmetrische Anordnung des Gewässernetzes wie auch die ungleichseitige Einböschung der Talflanken von jungen Krustenbewegungen abhängig sei, die ein Abgleiten der Flüsse in der Richtung der geringeren Hebung auslösen. Dieser Annahme stehen die Auffassungen gegenüber, die in der Talasymmetrie klimatische Einflüsse sehen. Wie erwähnt, wurde die häufig auftretende Steilheit der östlichen und südöstlichen Flanken mit den vorherrschenden Westwinden in Beziehung gebracht, die aber kleine Bäche kaum so stark beeinflussen werden und in tiefer eingeschnittenen Tälern auch nicht zur Wirkung kommen. Ich halte also einen unmittelbaren Einfluß der Winde ebensowenig für ausschlaggebend wie das sogenannte Hilbersche Gesetz, wonach sich alle Zwischenwasser-scheiden zugunsten der tiefer gelegenen Mündungsstelle verlegen<sup>6</sup>. Wesentlicher erscheint mir nach wie vor die Ungleichheit der Abspülung auf Luv- und Lee-, Sonnen- und Schattenseiten, auf die schon Rucktäschl<sup>7</sup> aufmerksam gemacht hat, ohne sie allerdings richtig zu werten. Stärker abgespülte Gehänge werden nämlich rascher eingeböschet, also flacher; das hier reichlich in Bewegung kommende Material drängt außerdem den Fluß nach der anderen Seite. Das hat G. v. Smolenski für die meridionalen Täler Galiziens mit Recht zur Erklärung der Zwischenrücken-asymmetrie herangezogen<sup>8</sup>. Die Frage ist neuerdings wieder mehrfach aufgeworfen

<sup>1</sup> N. Krebs, Beiträge z. Geogr. Serbiens u. Rasciens, Stuttgart 1922, S. 44.

<sup>2</sup> J. Stiny, Hebung oder Senkung, Peterm. Mitt. 1924, S. 207.

<sup>3</sup> J. Sölch, Ungleichseitige Flußgebiete u. Talquerschnitte, Peterm. Mitt. 1918, S. 255, Anmerkung.

<sup>4</sup> A. A. Borsow, Zur Frage der Asymmetrie der Täler und der zwischen ihnen gelegenen Plateaus. Festschrift für D. N. Anutschin, Moskau 1913 (russ., franz. Zusammenfassung).

<sup>5</sup> R. Toki, Asymmetrical river terraces in Japan. Jap. Journal of Geol. and Geography, VIII, 1931.

<sup>6</sup> Siehe S. 58, Anm. 2.

<sup>7</sup> Rucktäschl, Ungleichseitigkeit d. Täler, besonders im Kgr. Sachsen, 11. Ber. d. naturf. Ges. Chemnitz, 1889.

<sup>8</sup> G. v. Smolenski, Ungleichseitigkeit der meridionalen Flußtäler in Galizien, Peterm. Mitt. 1909.

und dabei einerseits auf die Eigenschaften eines periglazialen Frostbodens, andererseits auf den Einfluß der Besonnung verwiesen worden, den schon De Lamblardie zur Erklärung steiler, weil rascher ausgetrockneter Hänge herangezogen hatte. Bryan und Mason haben dies zunächst für aride Gebiete bestätigt<sup>1</sup>. Für höhere Breiten ist aber mehrfach, so von Culbertson<sup>2</sup>, die stärkere Frostverwitterung und damit eine raschere Abtragung auf den der Sonne zugekehrten Hängen betont worden. H. Loesche hat im Bereich der Mulde und Pleiße auf der Nordabdachung des Erzgebirges — russischen Forschern und sibirischen Beispielen folgend — den eiszeitlichen Frostboden für die Talungleichheit verantwortlich gemacht, weil auf diesem die Flüsse gegen den besonnten Nordhang abgleiten und diesen unterschneiden<sup>3</sup>. Aber Aigner hat in einer Besprechung dieser Arbeit bereits die vom Verfasser betonte Verallgemeinerung abgelehnt<sup>4</sup> und M. Schwind im gleichen Gebiete die Anschauung von Loesche als unzutreffend erwiesen<sup>5</sup>. O. Jessen kam in einem Aufsatz über »Reliefasymmetrie und Auslage« darauf wieder zurück<sup>6</sup>; er lehnt zwar die diluviale Gestaltung des Reliefs ab, betont aber auch seinerseits den Einfluß der Exposition. Es ist für unsere Klimate verständlich, daß die Schattenseiten stärkerer Durchtränkung und Einböschung unterliegen, besonders wenn man an die längere Dauer der Schneedecke und deren allmähliches Abschmelzen denkt. Aber es gilt auch heute noch, was A. Penck schon 1894 gesagt hat<sup>7</sup>, daß eine Verallgemeinerung auch in der gleichen Klimazone unmöglich ist, weil bald das nördliche, bald das südliche Gehänge das steilere ist. Die von Jessen herangezogenen Beispiele reichen zur Klärung des Phänomens nicht aus. Im ganzen westlichen und südwestlichen Ungarn, im Kroatischen Zwischenstromland, in der Bukowina und der Moldau, aber auch in Niederbayern und Franken sind die Süd- und Südostseiten die steileren, weitab von den polaren Gebieten Islands und Nordwestkanadas, wo Jessen derartige Fälle bekannt sind, und auch außerhalb des mediterranen Gebietes Istriens und des Picener Landes, von dem oben die Rede war und in dem die sommerliche Austrocknung doch wahrlich groß ist. Die Asymmetrie ist in Europa keineswegs immer gleich orientiert; das zeigt Romer auch aus benachbarten Gebieten des russischen Flachlands östlich der Wolga<sup>8</sup>, und das haben auch unsere Ausführungen im zweiten Abschnitt gezeigt, wo wir westliche und östliche, nördliche

<sup>1</sup> K. Bryan u. Shirley L. Mason, *Asymmetric valleys and climatic boundaries*, Science, 75, 1932.

<sup>2</sup> Culbertson, *The weathering and erosion of North and South Slopes*, Proc. of the Indiana Acad. of Science 1899.

<sup>3</sup> H. Loesche, *Lassen sich die diluvialen Breitenkreise aus klimabedingten, diluvialen Vorzeitformen rekonstruieren?* Archiv d. D. Seewarte, 48, Hamburg 1930.

<sup>4</sup> Z. f. Geomorphologie, VI, 1931.

<sup>5</sup> M. Schwind, *Die Oberflächenformen des Mittelsächsischen Berglandes zwischen Zwickauer Mulde und Chemnitz*. Mitt. Ver. d. Geogr. Univ. Leipzig, XII, 1933.

<sup>6</sup> O. Jessen, *Reliefasymmetrie und Auslage*, Peterm. Mitt. 1935.

<sup>7</sup> A. Penck, *Morphologie der Erdoberfläche*, Stuttgart 1894, II. Bd., S. 114.

<sup>8</sup> Eug. v. Romer, *Flüchtige Reiseindrücke aus dem Innern und von den Rändern Asiens*, Mitt. Geogr. Ges. Wien, 54. Bd., 1911, S. 49f.

und südliche Steilhänge gefunden haben. Neben dem Baerschen Gesetz, dem wohl nur die großen und breiten Ströme unterliegen, sind meines Erachtens klimatische Faktoren keineswegs auszuschließen sowenig wie orographische und geologische, die mehr Schutt aus einer höheren oder leichter abtragbaren Flanke liefern und den Fluß deshalb nach der andern Seite drängen. Auch die Tatsache wird immer zu beobachten sein, daß sich die Talnetze und die Talprofile bei geneigten Schichten zuungunsten der Schichtstirn verlagern. Schwind hat gewiß recht, wenn er verschiedene Faktoren in der Zusammenwirkung für die Ungleichseitigkeit verantwortlich macht. Aber es will mir scheinen, daß neben den exogenen Kräften die endogenen nicht vergessen werden dürfen. Dabei handelt es sich um schwer nachweisbare junge Krustenbewegungen, die wir mit Penck<sup>1</sup> als orogenetische den älteren gegenüberstellen können, die sich schon im Schichtbau bemerkbar machen. Die jungen Bewegungen können mit den alten konform sein, sie können aber auch in einem ganz anderen Sinne wirken und neue Gefällsverhältnisse schaffen, denen sich die Gewässer im Sinn der Schwerkraftwirkung anpassen. Es wird in jedem einzelnen Fall zu untersuchen sein, wie weit nicht ihnen das Primat unter den die Asymmetrie schaffenden Bedingungen zukommt. Jedenfalls vermag die Schrägstellung sowohl ungleichseitige Flußgebiete wie auch eine einseitige Lateralerosion zu bewirken. Wenn sich R. Schwinner neuerdings wieder für das Hilbersche Gesetz ausspricht<sup>2</sup>, möchte ich abermals betonen, daß mir der geringfügige Höhenunterschied zwischen den Mündungspunkten zweier Zuflüsse nicht ausreichend erscheint, um daraus die Verschiebung der Wasserscheide zu erklären. Wohl aber besteht zu recht, daß in sehr vielen Fällen die Abdachungsrichtung des Hauptflusses maßgebend wird für die Anordnung der Asymmetrie, weil sie meist dem tektonischen Gefälle, sei es der Gegenwart, sei es der Zeit des Flußeinschneidens, entspricht. Bei allen bogenförmig angeordneten Gewässern macht sich außerdem auch das Drängen nach außen bemerkbar. Die Anordnung des Gewässernetzes bestimmt also auch dessen Ungleichseitigkeiten. Doch muß man, wie dies auch Sölch und Castiglioni tun, stets unterscheiden zwischen der Asymmetrie der Wasserscheiden und der Ungleichseitigkeit der Talgehänge. Castiglioni hat in der obenerwähnten Arbeit alle Möglichkeiten der asymmetrischen Gestaltung untersucht und klassifiziert.

#### IV.

Tektonischen Beeinflussungen unterliegt das Gewässernetz auch dort, wo wir es heute nicht mehr im Schichtbau nachweisen können. Vom Böhmischem Massiv wissen wir auf Grund der unter Basaltdecken erhalten gebliebenen Sedimente auf der Höhe des Erzgebirges und in der Lausitz, daß noch zu Ende des Oligozäns die Entwässerung aus dem Innern Böhmens über das damals noch nicht emporgehobene

---

<sup>1</sup> Vgl. A. Penck, Geologische und Geomorphologische Probleme in Bulgarien, *Der Geologe*, 1925, S. 856.

<sup>2</sup> R. Schwinner, Reliefasymmetrie und Auslage, *Peterm. Mitt.* 1936, S. 266.

Randgebirge zum Tertiärmeer der sächsischen Bucht ging, wie auch noch später aus dem östlichen Elbe- und Adlergebiet die Entwässerung südwärts zum Tertiärmeer an der March führte. Das ganze so regelmäßig erscheinende Gewässernetz der böhmischen Elbe ist kaum älter als Miozän. Im Kaiserwald sind wie im Egergraben auch die jungen miozänen Verebnungen noch deformiert<sup>1</sup>, und das Gewässernetz, das zentripetal dem neugebildeten Egergraben zuführt, hat noch weitere Umwandlungen durch die großen Vulkanergüsse und durch streifenförmige Hebungen (Schwelle von Maria Kulm) erfahren. Eine große flache Einbiegung ist das Pilsner Becken; ihm streben die Gewässer aus NW, W, SW, S und SO in radialen Speichen zu; der Abfluß, die Beraun, aber führt durch stärker gehobenes Gebiet. Hier wird der Lauf eng und gewunden, und die dem Fluß folgenden Terrassen heben sich immer stärker über ihn empor<sup>2</sup>. Auch die Elbeniederung, der heute von allen Seiten die Gewässer zuströmen, ist erst nach dem Miozän entstanden. Wir wissen aus der Geschichte der Durchbruchstäler, daß keineswegs immer sich Seen bilden müssen in Gebieten relativ geringer Hebung. Solche bildeten sich am Südfuß des Erzgebirges, aber kaum in der Elbeniederung, deren Einbiegung Schritt hielt mit der Erosion in dem stärker herausgehobenen Elbsandsteingebirge.

Den bruchlosen Verbiegungen, wie wir sie in Südböhmen beobachten, stehen einerseits am Fuß des Erzgebirges, andererseits in den Sudeten und im Böhmerwald die Schollenbildungen gegenüber, die wiederum das Talnetz bestimmen. In den Ostalpen geben die Tertiärbecken der Norischen Senke gute Beispiele zentripetaler Seitentäler<sup>3</sup>. Hier ist eine alte Entwässerung, die aus den Niederen Tauern nach den Kärntner Becken gerichtet war, durch die neuen Senkungsfelder entzwei-gerissen worden. Ähnliche Fälle sehen wir in den Ostsiebenbürgischen Becken, etwa dem Haromszek, über das alte Quertäler weggehen und dessen Einzugsgebiet heute noch sehr klein ist, weil es ganz jungen Alters ist. Auffällig klein ist auch das Einzugsgebiet der Oberrheinebene an der Bergstraße zwischen Darmstadt und Weinheim, wo junge Randbrüche den Gebirgsabfall bestimmen. An anderen Stellen ist allerdings die Oberrheinebene schon seit langem die Erosionsbasis für die benachbarten Gebirge, und dementsprechend greifen die Flüsse weiter zurück.

Scheinbar einfach, in Wahrheit aber keineswegs immer unbestritten ist die tektonische Abhängigkeit des Gewässernetzes in jungen Faltsystemen. Die zahlreichen Längstäler, die den Kettengebirgen eigentümlich sind, sind in den meisten Fällen petrographisch bedingt. Selbst im Faltenjura haben sie nichts mehr mit der Faltung selbst zu tun, mögen auch manche in Synklinalen liegen<sup>4</sup>. Die Aufschlitzung

<sup>1</sup> Fr. Machatschek, Morphologie der Südabdachung des böhmischen Erzgebirges, Mitt. Geogr. Ges. Wien, 1917. — J. Moscheles, Die geologische Geschichte des Kaiserwalds seit dem Alttertiär, Verhdl. Geol. Reichsanstalt Wien, 1918.

<sup>2</sup> Fr. Machatschek, Landeskunde der Sudeten- und Westkarpathenländer, Stuttgart 1927, S. 313.

<sup>3</sup> N. Krebs, Die Ostalpen u. d. heutige Österreich, Stuttgart 1928, I, 49, II, 198.

<sup>4</sup> J. Früh, Geographie der Schweiz, St. Gallen 1929. — Fr. Machatschek, Der Schweizer Jura, Peterm. Mitt. Erg.-Hft. 150, 1905.

der Antiklinalen, die Kappung der Gewölbescheitel, die bis ins einzelne gehende Anpassung des Formenschatzes an die Widerstandsfähigkeit der Gesteine beweisen nur zur Genüge, wie die Abtragung selektiv vor sich geht. Überall, wo größere Einbnungen auf den Höhen nachzuweisen sind, verbietet es sich von vornherein, eine direkte Abhängigkeit vom Faltenbau anzunehmen. Diese Erkenntnis hat aber dazu geführt, daß man wieder zu sehr in eine Ablehnung der tektonischen Beziehungen verfiel. Demgegenüber war es heilsam, zu erkennen, daß die großen Längstäler der Ostalpen keineswegs dem Schichtstreichen folgen und auch die tektonischen Einheiten vielfach schräg abschneiden. Sie folgen Narben, die im Bau vorgezeichnet sind, oft Deckenrändern, oft Mulden oder weithinstreichenden Bruchsystemen wie die Judikarienlinie. A. Penck hat zuerst im Inntal gezeigt, daß es einer weniger gehobenen Zone folgt, in deren Gebiet die Gipfflur niedriger liegt als nördlich und südlich davon<sup>1</sup>. So kommt die Längsmulde wieder zu ihrem Recht, aber infolge jüngerer Verbiegungen, nicht auf Grund des letzten Zusammenpressens der Falten. Auch für die Quertäler sind seit langem tektonische Anlagen vermutet worden. K. Diener hat gezeigt, daß das Quertal des unteren Inn mit einer Sigmoide und Einmuldung zusammenfällt<sup>2</sup>. Fast alle Quertäler Oberbayerns folgen Achsenmulden, ebenso die der Dauphiné<sup>3</sup>. Querbrüche und Blattverschiebungen erleichtern die rückschreitende Erosion, und die Stellen der Scharungen sind in den Dinariden, im Taurus und im Himalaya jedesmal die Stellen, wo ein größerer Fluß das Gebirge verläßt. In einer neueren großen Arbeit hat R. Staub den Versuch gemacht, die alten Täler der Alpen aus der durch den Deckenschub gebildeten »Uroberfläche« abzuleiten<sup>4</sup>. Der Versuch ist im einzelnen kaum als geglückt zu bezeichnen, und man muß J. Sölch in seiner scharfen Kritik<sup>5</sup> recht geben, wenn man auch dem Versuch als solchen seine Anerkennung nicht versagen wird. Der Verfasser bezeichnet ihn ja selbst als ein Wagnis und gibt zu, daß nur ein Teil der axialen Kulminationen Ausstrahlungspunkte des Talnetzes sind, andere hochgehobene Stöcke, wie die Bernina, der Ortler oder der Glockner, in tektonischen Depressionen liegen. Das liegt daran, daß seit den ersten Anfängen eines alpinen Reliefs die Hebungszone oft gewechselt haben. Manche Gebiete mögen, wie die Berner Alpen, der Montblanc und der Mont Pelvoux, immer wieder Gebiete der Hebung gewesen sein, die die Wasserscheide bildeten, andere, wie das untere Etschtal, folgen Einmuldungszonen, die mindestens seit dem Beginn des Tertiärs nachweisbar sind. Aber anderwärts hat sich das Relief umgekehrt. Die Ötztaler Alpen, in einer tektonischen Depression gelegen, sind ein Glied einer mächtigen Decke geworden, die sich in geologisch

<sup>1</sup> A. Penck, Die Gipfflur der Alpen, Sitz.-Ber. Berliner Akademie 1919. — Das Antlitz der Alpen. Die Naturwissenschaften 1924.

<sup>2</sup> K. Diener, Die Durchbruchstäler der nördl. Kalkalpen, Mitt. Geogr. Ges. Wien, 1899.

<sup>3</sup> M. Lugeon, Recherches sur l'origine des vallées des Alpes occidentales, Ann. de Géogr. 10, Paris 1901.

<sup>4</sup> R. Staub, Grundzüge und Probleme alpiner Morphologie. Denkschr. Schweizer Naturforsch. Ges. 69, 1934.

<sup>5</sup> Z. f. Geomorph. IX, 1936, S. 221.

junger Zeit nordwärts vorzuschieben und die ihm vorgelagerten Kalkalpen hinabzutauchen vermochte. Dem entspricht auch das orographische Bild eines großen Gebirgsstockes, von dem nach allen Seiten die Täler ausstrahlen. Eine kräftige junge Aufwölbung kennzeichnet auch die Gegend am Arlberg und das Dolomitenhochland; das Gewässernetz der Tauern und der Zillertaler Alpen entspricht einer regelmäßigen, langhinstreichenden Aufwölbung mit steilerem Nordflügel, der Brenner liegt im Bereich einer Einwalmung. Die einmal eingeschnittenen Flüsse müssen in der Hauptsache den vorgezeichneten Bahnen folgen, da Anzapfungen weit seltener sind, als man oft angenommen hat. Insofern müssen sich alte Züge des Reliefs in einem Gebirgsland vererben. Aber die Alpen sind als tief zertaltes Gebirge nicht alt. Noch im Ponticum war das Relief in den Ostalpen sehr bescheiden, und so darf es nicht wundernehmen, wenn Staub der Versuch in vielen Fällen mißlingen mußte, das Gewässernetz des Oligozän und Untermiozän zu rekonstruieren, wo sich doch heute zum Beispiel zwischen dem hypothetischen Einzugsgebiet eines Urrheins an der Bernina und dem schönen miozänen Schuttkegel bei Wintherthur das viel jüngere Gebirge des Säntis auftürmt.

Die Erfahrungen mahnen zur Bescheidenheit. Man kann nur in sorgfältiger Terrassenuntersuchung schrittweise zurückgreifen und aus der Gegenwart die einstigen Zustände erschließen oder Gebirge im Werden studieren. Haben wir auch beim Faltenbau Anfänge, wo wir die Entwicklung gleichsam in statu nascendi verfolgen? E. Nowack beschreibt einen solchen Fall aus Niederalbanien<sup>1</sup>. Hier ist ein noch im Werden begriffenes Land in Falten geworfen; es bildete sich wahrscheinlich nie eine reine Küstenebene aus, sondern das Land hob sich in den Antiklinalen zuerst heraus, während die Synklinalen allmählich durch die Flüsse verlandeten, die aus dem dahintergelegenen Altland kommen. Diese Flüsse mußten nun ihren Lauf verlängern, aber nur an Stellen geringerer Hebung durchbrechen sie die Antiklinalen. Sonst wurden sie abgelenkt und in einen mehrfach gewundenen Lauf gezwungen, in dem transversale und longitudinale Strecken wechseln. Hier ist der Faltenwurf noch einfach und das Ausmaß der Hebung bescheiden. Die Tatsache läßt aber den Werdegang erkennen und macht die Entwicklung tektonisch gebildeter Längstäler und antezedenter Durchbrüche verständlich, die bei kräftiger Hebung auch wieder aufgegeben werden können und als Taltorsi übrigbleiben. Vom Süden des Marmarameeres beschreibt W. Penck<sup>2</sup> die Anpassung der Flüsse an ein schon kräftiger herausgehobenes Faltenland. Hier schneiden die Flüsse bereits in die Beckenschichten der Synklinalen ein, die Ketten steigen gegenüber den Senken und werden immer länger. Die Quertäler führen nicht mehr um die Ketten herum, sondern durchbrechen sie in tiefen Schluchten. Entscheidend wird die zonale Verbreiterung des Gebirges. Vom Himalaya ist seit langem bekannt, daß seine Vorbergzone aus dem Schutt aufgebaut ist, den die Vorgänger der heutigen

---

<sup>1</sup> E. Nowack, Morphogenetische Studien aus Albanien, Z. Ges. f. Erdkde, Berlin, 1920.

<sup>2</sup> W. Penck, Die tektonischen Grundzüge Westkleinasiens. Stuttgart 1918, S. 43.

Flüsse aus den älteren Teilen des Gebirges herausgeschafft haben. Die Flüsse haben ihren Lauf verlängert, wie es auch die Alpenflüsse in der Molassezone getan haben. Auch aus den Südalpen haben wir einen schönen Beweis dafür, daß die Flüsse älter sind als die Randzonen des Gebirges. K. Futterer hat gezeigt<sup>1</sup>, daß die oligozänen Ablagerungen Friauls nur Gerölle aus Trias- und Juragesteinen enthalten, in den jüngeren Ablagerungen sich aber auch kretazische und eoazäne Schotter der Voralpenzone finden, die nun erst gehoben und zertalt wurden.

## V.

Nur kurz sei zum Schluß noch der »Tektonischen Subsequenz« gedacht, die wir neben die petrographische zu stellen haben. Schneiden die Flüsse einmal tiefer in das Gestein ein, so ist ihr Lauf, wie wir es in den epigenetischen Engen und den Durchbruchstellen der Donau im Ungarischen Tiefland sehen, örtlich festgelegt. Seitliche Verschiebungen werden selbst bei Schrägstellung nur ein geringes Ausmaß erlangen. Wo bei Eggmühl südlich von Regensburg die Große Laber unter dem Tertiär die obersten Kreideschichten anschneidet, bildet sich eben eine epigenetische Enge aus, die den Fluß an dieser Stelle festhält; darüber und darunter schlägt das Tal bogenförmig nach N aus. Ein anderes Beispiel dieser Art habe ich aus Nordserbien beschrieben<sup>2</sup>. Die Kolubara beschreibt unterhalb von Valjevo ein scharfes Knie, dort, wo sie bei Slovac den Kalk anschneidet. Hier lag ihr Lauf, als sie zu erodieren begann; seither ist oberhalb und unterhalb im Bereich der jungtertiären Ablagerungen der Fluß nach rechts ausgewichen und der ganze Lauf bis auf diese eine Stelle dahin verschoben.

An die Stelle der Abhängigkeit von den die Oberfläche betreffenden Veränderungen tritt aber nun die von der Gesteinsstruktur. Wie die Abtragung rascher erfolgt in den weniger widerstandsfähigen Schichten und wie sich in deren Bereich ein subsequentes Talnetz entwickelt, geschieht es auch in Massengesteinen dort, wo das Gestein durch tektonische Beanspruchung stark zerrüttet, von Verwerfungen durchsetzt und damit der Abtragung leichter zugänglich ist. Schon die tiefgründige Verwitterung verrät solche Stellen als Streifen, die sowohl der Denudation wie der Erosion geringen Widerstand entgegensetzen. Im Odenwald und im mittleren Schwarzwald fallen die langgestreckten meridionalen Täler auf, die tektonischen Linien folgen, vielfach Brüchen, die dem Rand gegen die Oberrheinische Ebene parallel laufen. Sie haben nichts mit jungen Schollenverschiebungen zu tun, die sich im Gelände bemerkbar machen würden. Die Oberfläche geht glatt über sie hinweg, die sanfte Abdachung nach Osten, auf der die Täler nur wenig eingeschnitten sind, zeigt normale konsequente Entwässerung. Erst infolge der Tiefenerosion sind diese Fugen freigelegt und für die Abtragungsvorgänge wirksam geworden. Das

<sup>1</sup> K. Futterer, Durchbruchstäler in den südlichen Alpen, Z. d. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1895.

<sup>2</sup> N. Krebs, Beiträge z. Geographie Serbiens und Rasciens, Stuttgart 1922, S. 43.

sich immer tiefer in den Gesteinsleib einschneidende Gewässernetz tastet gleichsam alle Stellen ab, die ihm bessere Möglichkeiten geben, und streckt seine Arme dort aus, wo es eine Schwächezone erlaubt, während dicht daneben im gesunden Gestein nur schwache Ansätze der Talverzweigung vorhanden sind.

Wir kennen Beispiele dafür aus den Norischen Alpen, aus dem Französischen Zentralplateau, aus der Spanischen Meseta, auch aus Teilen des Böhmisches Massivs, des Harzes und des Rheinischen Schiefergebirges. Sie kommen auch in Gebieten massiger Kalke vor, deren Tafeln von einzelnen Sprüngen durchzogen sind, besonders schön im Cañon der Drina im östlichen Bosnien. Sehr auffällig und gar nicht so selten sind eingesenkte Mäander, die nach bestimmten Richtungen verzerrt sind. Selbstverständlich sind nicht die Mäander als solche tektonisch zu erklären; aber der eingeschnittene Mäander bietet an seiner Prallstelle dem Fluß die Möglichkeit, das Gestein freizulegen, und dann ist es leicht, daß Ruschelzonen auf seine weitere Gestaltung Einfluß nehmen.

Darauf kommt es an, ob der Fluß imstande ist, das anstehende Gestein freizulegen. Das ist in unseren Klimaten gar nicht so häufig der Fall. Die mächtige Verwitterungsdecke und das von den Hängen herunterkommende Gekriech hüllen den Berghang ein, die Anschwemmungen des Flusses decken auch den Untergrund zu. Man kann die Stellen in unseren deutschen Mittelgebirgen zählen, wo einmal der anstehende Fels im Flußbett selbst zutage tritt. Lateralerosion ist häufiger, aber räumlich beschränkt und durch die Übersteilung des Gehänges zu kurzer Lebensdauer verurteilt. Es ist kein Zufall, daß wir die besten Beispiele dort finden, wo eine sehr kräftige junge Hebung zum energischen Einschneiden nach der Tiefe zwingt. Meine Reise durch Südindien hat mir aber noch andere Möglichkeiten gezeigt. Dort gibt es in den kristallinen Berglandschaften der Nilgiri und des Hochlands von Travancore ausgezeichnete Beispiele tektonischer Subsequenz. Ganze Talzüge laufen Zehner von Kilometern weit schnurstracks durchs Gebirge, um plötzlich im scharfen Winkel in andere Richtungen umzubiegen, die ebenso geradlinig sind. Man erkennt die parallelen Gewässer, die einem Kluftsystem angehören; sie sind manchmal gegeneinander verschoben, und immer kreuzen sie sich mit anderen<sup>1</sup>. Gewiß sind auch das Gebirge, die sich in Hebung befinden. Aber auch wo diese nicht sehr groß ist, im östlichen Dekan, zeichnen einzelne Flußstrecken die Verwerfungslinien ab. Mir will scheinen, daß das Entscheidende hier ist, daß sich trotz der starken Verwitterung nur wenig Geröll und wenig Sand in den Flüssen findet. Die Abtragung vollzieht sich größtenteils auf chemischem Wege. Alles wird rasch gelöst und fortgeführt; auch kleine Gewässer ersticken nicht in ihrem Schutt, haben also die Möglichkeit, mit dem Fels selbst in unmittelbare Berührung zu kommen. Wenn wir überlegen, wo in unseren Klimaten ähnliche Verhältnisse herrschen, werden wir wieder auf die großen Kalktafeln verwiesen, wo die Lösung

---

<sup>1</sup> Vgl. N. Krebs, Das südlichste Indien. Z. d. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1933, S. 246, Fig. 26.

wichtiger ist als die Zersetzung und die Flüsse mit klarem, geschiebearmem Wasser dahinziehen. Die scharf geknickten Flußläufe unserer südlichen Kalkalpen und des Dinarischen Gebirgssystems gewinnen so erneute Bedeutung.

Unsere Ausführungen haben uns verschiedene Formen geologischer Bedingtheit gezeigt. Es wäre falsch, nun ins andere Extrem zu verfallen und die Eigengesetzlichkeit der Flußentwicklung zu leugnen. Die Zahl und Kraft der Gewässer, die Talräume und ein gut Stück der Talanordnung sind durchaus von exogenen Kräften abhängig, vornehmlich eine Wirkung des Klimas, der Schwerkraft, der Erdrotation usw. Alle diese Einflüsse dürfen auch dort nicht außer acht gelassen werden, wo wir Einflüsse der Krustenbewegungen oder der Gesteinsstruktur kennengelernt haben. Der Fluß schafft sich sein Bett; aber er legt es in eine tektonisch bestimmte Landschaft, und sein Lauf ist das Ergebnis einer weitgehenden Anpassung an das, was er vorfindet.

---

Ausgegeben am 23. April.

---