

Synthetische Morphologie der Erdoberfläche

Von Prof. Dr. **Gustav Braun** in Greifswald

Es scheint an der Zeit, gewisse Fortschritte der Geomorphologie zusammenfassend einem weiteren Kreise vorzutragen und auf neue Aufgaben, die sich ergeben, hinzuweisen.

Das Thema, das ich behandeln will, heißt in ausführlicherer Fassung etwa: über Beziehungen zwischen Struktur, Tektonik und Oberflächenformen und die Anwendung dieser Beziehungen auf die Erdoberfläche.

Die Morphologie hat in Deutschland zwei Hauptrichtungen aufzuweisen gehabt. Auf der einen Seite standen die Anhänger von **W. M. Davis**, die mit ihm die geographische Aufgabe der „erklärenden Beschreibung“ der Landformen in den Vordergrund stellten. Diese Richtung gewann mit **Davis'** Vorlesungen in Berlin im Winter 1908/09 (herausgegeben von **A. Rühl**) und der von mir vorgenommenen deutschen Ausgabe der **Davis'schen** Physischen Geographie (von 1898) im Jahre 1911 festen Boden. Das Arbeitsverfahren (die Zykluslehre) beruhte auf bestimmten klar definierten Grundlagen und bediente sich in erheblichem Maß des Denkvermögens, der Deduktion.

Davis hat die Grundlagen am knappsten 1899 auseinander gesetzt (im Geogr. Journal XIV, 481) und man kann sie danach wohl so formulieren, daß er erstens mit einer so langen Dauer der Stabilität eines größeren Stückes der Erdrinde rechnet, daß dasselbe vollständig bis zum Meeresspiegel abgetragen werden konnte und zweitens damit, daß die abtragenden Kräfte so stark sind, daß sie bei genügender Zeit jede noch so widerstandsfähige Landmasse abtragen können.

Die deutschen Gegner von **Davis**, voran **A. Hettner**, haben sich nie die Mühe genommen, ihn zu verstehen, sondern haben sich ein eignes Bild von dem zurechtgemacht, was **Davis** angeblich gewollt, und haben gegen diese Windmühlen dann gefochten. Wie **W. Penck** schon längst gesagt hat, haben diese Angreifer die Grundvoraussetzungen der Zykluslehre nicht erkannt und darum auch nicht zu erschüttern vermocht.

Daneben entwickelte sich in Deutschland die von S. Passarge besonders gepflegte Richtung der »Physiologischen Morphologie«, die rein induktiv den formgebenden exogenen Kräften nachgehend auf diesem Wege manche Erfolge erzielt hat.

Heute ist einer der Grundsteine des Davischen Zyklusschema erschüttert: es ist nicht mehr zulässig, eine Erdscholle, ein größeres Stück der Erdrinde, als für lange Zeit ruhend zu betrachten, so daß auf ihr ein »Zyklus« ablaufen kann; das ist auch nicht mehr zulässig, wenn man bewußt zu Vereinfachungszwecken nach der Theorie des »als ob« diese Annahme macht (wie es übrigens Davis immer getan hat). Wir müssen vielmehr mit ständigen Bewegungen rechnen. Um das durchzusetzen und um knappe Bezeichnungen zu haben, schlage ich daher vor zu scheiden und werde es im Folgenden so anwenden: die »Struktur« einer Erdstelle, als das dem Morphologen fertig Gegebene, von der »Tektonik« als dem ununterbrochen, wenn auch mit wechselnder Intensität wirkenden Vorgang.

Danach ist, auf eine Formel gebracht, jede Landform die Resultante aus dem Kräfteverhältnis zwischen innenbürtigen (tektonischen) und außenbürtigen (exogenen) Kräften, die auf bestimmte Strukturen einwirken. Das »Stadium« fällt fort; an seine Stelle tritt eine Bezeichnung der Intensität und Art der Bewegung der einzelnen Scholle. Drei Grundformen des Verhältnisses zwischen tektonischen und exogenen Kräften gibt es: die Intensität der Hebung ist größer als die Abtragung, dann steigt die Landoberfläche; es liegt Senkung vor; oder schließlich Abtragung und tektonische Hebung halten sich das Gleichgewicht. Die Erkenntnisse dieser Zusammenhänge verdanken wir O. Lehmann¹⁾, J. Sölch²⁾ und W. Penck; letzterer führte ihre Systematisierung durch³⁾.

Es ist bekannt, welche entscheidende Rolle unter den an der Erdoberfläche tätigen Kräften das fließende Wasser spielt. Von den von ihm erzeugten Formen ist die Talform im Längs- und Querprofil charakteristisch; dieselbe ist von dem Verlauf des Erosionsvorganges, seiner Verstärkung und Abschwächung abhängig. Die wichtigste Ur-

¹⁾ Lehmann, O., Tal- und Flußwindungen usw. Zeitschr. Ges. f. Erdk. Berlin 1915, ders. in Mitt. Geogr. Ges. Wien 65, 1922, 55.

²⁾ Sölch, Joh., Eine Frage der Talbildung. Festband für A. Penck. Stuttgart 1918, 66, ders. in Geogr. Annaler 1922, 147.

³⁾ Penck, W., Wesen und Grundlage der morphologischen Analyse. Ber. Math. Phys. Kl. Sächs. Akad. d. Wiss. Leipzig, 72, 1920 und: Die morphologische Analyse Geogr. Abh. (2) 2, 1924.

sache von Veränderungen im Erosionsvorgang wiederum sind tektonische Bewegungen der Scholle, auf welcher die Erosion sich abspielt. Das Verfahren, aus der Beobachtung bestimmter gesellig auftretender Formen bei Kenntnis der abtragenden Faktoren auf Verbiegungen der Erdoberfläche und ihren Ablauf zu schließen, hat W P e n c k »morphologische Analyse« genannt.

Der Entwicklungsgang, der durch Verringerung der Stärke der Erosion charakterisiert ist, wird als »absteigende Entwicklung« bezeichnet. Seine Kennzeichen sind (nach W P e n c k) das Auftreten konkaver Gefällsbrüche, konkaver Hangprofile und Abnahme der relativen Höhe. Er führt schließlich zu einer welligen Ausgleichsfläche, einer nahezu ebenen Rumpffläche vom Charakter der Peneplain oder Endrumpffläche.

Von »gleichförmiger Entwicklung« spricht man, wenn die in aufeinander folgenden Zeiteinheiten erzielten Erosionsbeträge gleich sind. Ihre Kennzeichen sollen Hänge mit grader Profillinie sein; sobald sich diese von zwei Tälern her wechselnd verschneiden, bleibt die relative Höhe konstant. Dieses hier zu fordernde Gleichgewicht zwischen Hebung und Abtragung besteht nur selten.

Schließlich bei wachsender Erosionsintensität treten konvexe Gefällsbrüche und konvexe Hangprofile auf. Die relative Höhe nimmt zu; W P e n c k spricht von »aufsteigender Entwicklung«, die Aufwölbung ist stärker als die Erosion.

Von besonderer Bedeutung für die praktische Arbeit auf dem Gebiete der analytischen Morphologie ist es, nicht nur die F o r m e n zur Untersuchung heranzuziehen, sondern auch den bleibenden Niederschlag der Vorgänge, wie er in den A b l a g e r u n g e n uns dokumentarisch festgelegt erscheint. Was an einer Stelle der Erde durch die Abtragung entfernt wird, kommt an anderer Stelle wieder zum Absatz. Einer bestimmten Gruppe von Oberflächenformen entspricht ein bestimmtes Schichtsystem⁴⁾, das man darum »korrelat« genannt hat. Seine Untersuchung gibt nicht nur Aufschluß über die absoluten Altersverhältnisse der betreffenden Vorgänge und Formen innerhalb der geologischen Zeitrechnung, sondern es spiegelt die Art der Ablagerungen, ihre Korngröße, Schichtung usw. im Sedimentationsraum die Entwicklung im zugehörigen Abtragungsbezirk wieder.

⁴⁾ Darauf habe ich schon 1907 aufmerksam gemacht in Beitr. zur Morphologie des nördlichen Apennin. Zeitschr. Ges. f. Erdk. Berlin 1907, S. 9 d. S. A. — auch Ampferer, W. Petraschek u. a. haben in dieser Richtung gearbeitet.

Die durch Formanalyse gewonnenen Ergebnisse einer Untersuchung können also oft wesentlich ergänzt und gesichert werden durch Analyse der korrelierten Schichten und ihrer Ablagerungsbedingungen.

Nach diesen Grundsätzen ergeben sich Entwicklungsreihen von Landschaften; auf einige von ihnen hat A. Penck in Erweiterung des Zyklusschema schon 1919 aufmerksam gemacht⁵⁾. Seine Darlegungen lassen, wenn sie auch — ohne diese Ausdrücke zu verwenden — das »Stadium« des Zyklus beseitigen und die (dauernd wirksame) »Tektonik« einführen, nun doch wieder die »Struktur«, d. h. die Beziehung zum inneren Bau der Scholle außer acht. Diese Beziehungen gestatteten uns erst E. Argand's Untersuchungen genauer zu erfassen, der in seinem Lütticher Vortrag von 1922⁶⁾, der in Deutschland erst sehr spät bekannt wurde, ein klares System der sog. gebirgsbildenden (orogenetischen) Bewegungen aufstellte. Er unterscheidet: die Bildung »neuer Ketten« in den sog. orogenetischen oder Faltungszonen und die Bildung von »Grundfalten« (»plis de fonds«), welche die sog. starren Massen selbst ergreift (hier ist der Vorgang vielleicht besser mit »Tiefenfaltung« zu bezeichnen). Ein oberflächlicher Ausdruck der Tiefenfaltung ist die »Deckschichtenfaltung«, bei welcher infolge der ganzen, meist relativ geringen Mächtigkeit zusammengeschoben wird.

Damit lassen sich nunmehr die verschiedenen gedachten Bewegungen, von denen A. Penck 1919 ausging, in Beziehung bringen zu bestimmten Strukturen, der Lage dieser strukturellen Verbände auf der Erde und den tektonischen Terminanten der verschiedenen Erdstellen.

Die Arbeitsweise der synthetischen Morphologie ist danach die folgende: in dem zu untersuchenden Gebiet ist mit größter Genauigkeit die Struktur, der fertige Bau, auf Grund der Arbeiten der Geologen festzulegen, gleichzeitig damit die topographische Karte zu erstellen, falls sie nicht (wie in Europa im allgemeinen) schon vorhanden ist. Der Zusammenhang zwischen Oberflächenform und Struktur ist am besten im Blockdiagramm, das gleichzeitig eine perspektivische Ansicht aus der Höhe und am Rand den Bau zeigt, sonst in Profilen darzustellen; viele der Formen erscheinen danach ohne weiteres als strukturbedingt, d. h. von Art und Lagerung der Gesteine abhängig. Viele andere aber — und in der Regel ist es die ganze

⁵⁾ Penck, A., Die Gipfelfur der Alpen. Sitz. Ber. Preuß. Akad. Wiss. 1919, XVII, 263.

⁶⁾ Argand, E., La tectonique de l'Asie. C. R. Congrès Geol. 1922, 1924, I, 173.

Gruppe der Talformen und Talanlagen — hängen von Neigungsverhältnissen ab, da Wasser immer nur dort fließt, wo Gefäll vorhanden ist. Dieses Gefäll haben die letzten tektonischen Bewegungen geschaffen, die daraus abgeleitet werden. Gleichzeitig sind die korrelierten Schichten (s. o.) auf Anzeichen solcher Bewegungen zu untersuchen. Ein allgemeiner Hinweis auf die Art der Bewegungen ist bereits der Stellung des betreffenden Blocks im größeren tektonischen Verband zu entnehmen.

Wenn man E. A r g a n d s und R. S t a u b s Synthesen des Erdbildes und ihre Lehre von der erdweiten Einwirkung des »alpinen« Faltungsganges des Mesozoikums und der Tertiärzeit zugrunde legt, dann lassen sich den einzelnen Blöcken des Erdbaus bestimmte Systeme der Oberflächenformen zuweisen, die ihnen eigentümlich sind.

Diese Verbindung mit dem heutigen Erdbau haben die zerstreuten Bemerkungen und Versuche, die früher gemacht sind (A. P e n c k 1919; W P e n c k 1924 u. a.), um eine regionale Übersicht über die Formen der Erde zu gewinnen, nicht hergestellt, sie scheint mir aber gerade das Wesentliche.

Die heutige Erdoberfläche hat, wenn wir zunächst von den Meeren absehen, drei Grundformen aufzuweisen: den Block der Kontinente, das von den Randmeeren wie der Nordsee mehr oder weniger überschwemmte Schelfgebiet mit seinen Ablagerungen und Deckschichten auf Blockbasis der Kontinentalsockel und die (früheren) Geosynklinalen (Stauungszonen A. P e n c k), langgestreckte Zonen, in denen sich einst große Sedimentmassen sammelten. Betrachten wir nun die Oberflächenformen dieser Grundgebilde, so zeigt sich: wo die Stauungszonen emporgetragen werden, haben wir Kettengebirge bzw. Inselgürlanden; wo sie noch unter dem Meer liegen: Ingressionsmeere von der Art des Mittelmeeres. Wo die Blöcke sich auch gegenüber der tertiären Faltung behaupteten und starr blieben, liegen in langen Zeiten tektonischer Ruhe geschaffene, ebene Rumpfflächen mit Inselbergen (Typus: Afrika, Fennoskandia). Wo die starrren Massen von Tiefenfaltung ergriffen wurden, haben wir, soweit die Hebung eintrat, in Streifen zerbrochene und blockartige aufgewölbte Gebirge mit Rumpftreppen (Typus: deutsche Mittelgebirge^{?)}, Tien-shan), »Undations«-senken, sobald eine Verbiegung, Undation, unter dem Meeresspiegel oder das Erosionsniveau großer Flüsse eintritt (Typus: Kongobecken).

Am mannigfachsten sind die Formen der Deckschichten, deren Unterbau von Tiefenfaltung ergriffen wurde und die selbst dadurch

^{?)} Braun, G., im 45/46. Jahrb. Pommersche Geographische Gesellschaft 1928.

verbogen und gefaltet wurden. Bei Hebungstendenz bilden sie Schichttafeln (Plateaus); ist dieselbe mit geneigter Lagerung verbunden, entwickeln sich auch Rumpftreppen mit zentralem Bergland; dieser Komplex nimmt aber die besondere Form der sog. Schichtstufenländer an. Damit ist auch dieses Problem gelöst, wie ich zeigen werde⁹⁾. Sind die Schichten gefaltet, haben wir je nach dem Stand der Abtragung Faltengebirge (Typus: Faltenjura) oder wenn die Abtragung tiefer greift, so daß die harten Schichten als lang gestreckte Käme herauskommen, Schichtkammgebirge wie den Hils in Süd-Hannover.

Dieser Blick auf das Erdganze bestätigt unsere These: Blocknatur und Oberflächennatur stehen in bestimmten Beziehungen zueinander, die sich aus der Natur und Beweglichkeit der Erdkruste herleiten. Mit fortschreitender Erstarrung vereinfachen sich die Formen. An der heutigen Erdoberfläche nehmen bei weitem die Rumpfflächen und das Tafelland mehr Raum als die Gebirge ein, da ein großer Teil der früheren Stauungszonen im Laufe der Erdgeschichte verfestigt und den starren Blöcken angegliedert worden ist. Das tritt am deutlichsten in Erscheinung, wenn wir auch das Schwemmland der Ebenen uns fortdenken, das doch nur dort entsteht, wo Streifen der Erdkruste in der Höhe des derzeitigen Meeresspiegels liegen. Ihre Unterlage gehört also auch zu den starren Blöcken mit einfachen Formen.

Es ist bei diesen Darlegungen ganz von der klimatischen Einwirkung verschiedener Faktoren abgesehen, wie der Gletscher, des Wüstenklimas und nur mit normaler Flußtätigkeit gerechnet. Das konnte geschehen, weil es wohl klar ist, daß in extremen Fällen bei Eisbedeckung und im Wüstenklima die Beziehung zur Erosionsbasis, dem Meeresspiegel, aufhört, und damit nicht von aufsteigender Entwicklung gesprochen werden kann. Eisbedeckung kompliziert infolge von Hebungen und Senkungen isostatischer Natur die Bewegungen sehr; in der Wüste setzt absteigende Entwicklung ein (auch wenn sie als Ganzes gehoben wird), lokale Wölbungen sind natürlich nicht ausgeschlossen. Grundsätzlich bestimmend also für die Formen bleibt doch die jeweilige Lage zur jeweiligen tektonischen Zone; Versuche, eine Morphologie der Klimazonen aufzustellen, haben nur für die Kleinformen Wert.

Damit entsteht die Aufgabe, künftighin bei allen morphologischen Studien nicht nur die Struktur, sondern auch die tektonischen Vorgänge zu beachten. Es ist erschwerend, daß deren Ablauf bisher wenig

⁹⁾ In Grundzügen der Physiogeographie. 3. Aufl., II, 1928. (Ähnliches scheinbar schon bei G. Wagner in Zeitschr. d. Geol. Ges. 1926, 175.) — G. Braun, Südhaz und Dün. Die Naturwissenschaften 16, 574. 1928.

bekannt ist, und daß es gerade morphologische Untersuchungen in Anwendung der W Penckschen Analyse sein sollen, die hier Vermehrung unserer Kenntnisse zu schaffen bestimmt sind. Ein enges Zusammenarbeiten bahnt sich an und mehr denn je ist die Forderung zu erheben, daß, wer Morphologie treiben will, auch die geologischen Grundlagen beherrschen muß. Die Zielsetzung der Studien bleibt verschieden, dem Geologen ist es um die Geschichte, dem Geographen um wissenschaftliche Beschreibung der heutigen Formen in ihrem Zusammentreten zu den großen Formkomplexen der Erde zu tun.
