

GEOGRAPHISCHE SCHRIFTEN

HERAUSGEGEBEN VON ALFRED HETTNER

HEFT 4

ALFRED HETTNER

**DIE
OBERFLÄCHENFORMEN
DES FESTLANDES**

**PROBLEME UND METHODEN
DER MORPHOLOGIE**



SPRINGER FACHMEDIEN WIESBADEN GMBH

In den „Geographischen Schriften“ sind ferner erschienen:

Der Gang der Kultur über die Erde

Von Dr. A. Hettner, Prof. a. d. Univ. Heidelberg. 2. Aufl. (Heft 1.) [U. d. Pr. 1928]

Der Verfasser legt in objektiver, induktiver Untersuchung den Gang der Kultur über die Erde dar, von den Problemen des Ursprungs und der Ausbreitung der Menschheit und der Entstehung der Rassen ausgehend bis zu der heute die ganze Erde umfassenden einheitlichen wirtschaftlichen und geistigen Kultur führend.

Die Neuauflage bringt nicht nur zahlreiche Verbesserungen im einzelnen, sondern wird auch beträchtlich erweitert, da die Gründe, die für die äußerste Beschränkung der während der Inflationszeit erschienenen ersten Auflage maßgeblich waren, nicht mehr in gleicher Weise bestehen.

Die Philippinen

Ein kulturgeographischer Rück- und Ausblick. Von Dr. W. Tuckermann, Prof. an der Handelshochschule Mannheim. [V u. 128 S.] 8. 1926. (Heft 2.)
Kart. *J.M.* 6.—

Die Schrift führt nach einer landeskundlichen Übersicht über die Philippinen die eigenartige kulturelle Entwicklung vor, die sie von ihrer Entdeckung durch die Spanier an genommen haben. Sie zeigt, wie überaus schwerfällig sich die kulturelle Entwicklung von Osten her über zwei Ozeane vollzog, wie dürftig die Beziehungen des Mutterlandes, dessen Interesse auch durch das nähergelegene große amerikanische Kolonialreich vollauf in Anspruch genommen wurde, zu den fernem ozeanischen Inseln waren, und endlich, welche wirtschaftlichen und politischen Probleme sich dann aus der amerikanischen Besatzung ergaben. Ein ausführliches Literaturverzeichnis ergänzt die uns viel Neues und Interessantes bietende Darstellung.

„... Vielleicht nur, wer sich selbst schon sehr eingehend mit der Philippinenfrage beschäftigt hat, kann ermesen, welcher Grad von auswählender landeskundlicher Schilderungskunst in der landeskundlichen Übersicht liegt. So ist ein Kabinettstück kolonialer Geopolitik entstanden.“
(Geographische Zeitschrift.)

Moderne Industrien im tropischen Afrika

Eine wirtschaftsgeographische Studie. Von Dr. H. Müller-Miny, Bonn a. Rh.
[V u. 133 S.] 8. 1928. (Heft 3.) Kart. *J.M.* 5.60

Die vorliegende Arbeit bringt eine wertvolle Ergänzung zur Wirtschaftsgeographie des tropischen Afrika. Nach einem einleitenden Kapitel über die Grundlagen der Industrie: Klima, Arbeitskräfte, Energiequellen, Verkehrswege folgt eine übersichtliche Darstellung des gegenwärtigen Standes der Dinge und der Entwicklungsmöglichkeiten für die Zukunft.

„Der Verfasser hat somit durch die geschickte Verwertung des verstreut liegenden Materials einen guten Überblick gegeben und gezeigt, inwieweit im tropischen Afrika die Entwicklung nach dieser Richtung vorgeschritten ist. Das Buch wird für alle, die sich besonders mit wirtschaftsgeographischen Fragen beschäftigen, von Interesse und von Nutzen sein.“
(Der Tropenpflanzer.)

Geographische Zeitschrift. 34. Jahrgang. 1928. 10 Hefte. Halbjährl.
J.M. 12.—

„Die geographische Zeitschrift darf auf das vergangene erste Vierteljahrhundert ihres Bestehens mit dem Gefühl treuer Pflichterfüllung und erfolgreichen Schaffens zurückblicken, und ihr Leserkreis mit lebhaftem Danke für das viele, was sie ihm bot. Länderkundliche Darstellungen von vorbildlicher Methodik und reichem Inhalt, wissenschaftliche Beleuchtungen politisch- und wirtschaftsgeographischer, vor allem nationaler Fragen standen neben methodischen Erörterungen dabei voran. Hierin ist die geographische Zeitschrift führend gewesen.“ (v. Drygalski i. d. „Mittel. d. Geograph. Gesellschaft München 1920“.)

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

GEOGRAPHISCHE SCHRIFTEN

HERAUSGEGEBEN VON ALFRED HETTNER

HEFT 4

DIE OBERFLÄCHENFORMEN
DES FESTLANDES

PROBLEME UND METHODEN DER MORPHOLOGIE

VON

ALFRED HETTNER

ZWEITE UMGEARBEITETE AUFLAGE



SPRINGER FACHMEDIEN WIESBADEN GMBH 1928

ISBN 978-3-663-15515-7
DOI 10.1007/978-3-663-16087-8

ISBN 978-3-663-16087-8 (eBook)

Vorwort.

Dieses Buch soll keine lehrbuch- oder handbuchartige systematische Darstellung und ebensowenig eine für den Anfänger bestimmte Einführung, sondern eine grundsätzliche Erörterung der auf die Oberflächenformen des Festlandes gerichteten Untersuchungen und ihrer Ergebnisse sein. Eine solche grundsätzliche Erörterung ist in einer Wissenschaft dann nötig, wenn Arbeitsweise und Auffassung weit auseinandergehen und die Gefahr besteht, daß sie auf ein falsches Geleise kommen. Das ist jetzt in der Lehre von den Oberflächenformen des Landes der Fall. Die Arbeitsweise und Auffassung, die von Amerika zu uns herüber gekommen sind, der sich viele Forscher mit Begeisterung angeschlossen, und die auch in weiteren Kreisen Verbreitung gefunden haben, scheinen mir, trotz mancher Verdienste im einzelnen, doch im Ganzen der Theorie und namentlich in der Methode verfehlt zu sein. Darum habe ich mich bereits in einer Reihe von Aufsätzen, die seit 1911 in der „Geographischen Zeitschrift“ erschienen sind, damit auseinandergesetzt und dabei auch andere Grundfragen der Wissenschaft erörtert. Das vorliegende Buch faßt nicht nur die genannten Aufsätze, vielfach umgearbeitet, zusammen, sondern vereinigt damit eine ebenso große Zahl neuer Aufsätze und stellt so eine grundsätzliche Prüfung des ganzen Lehrgebäudes von den Oberflächenformen des Landes dar. Es soll ein Buch der Selbstbesinnung der Wissenschaft sein; man wird begreifen, daß ich dabei gern von persönlichen Erfahrungen ausgehe. Ich erhebe nicht den Anspruch, überall das Richtige zu treffen; aber ich hoffe, zum Nachdenken anzuregen und den Gesundungsprozeß unserer Wissenschaft, der schon eingesetzt hat, zu fördern. Mein Wunsch geht auch dahin, die Morphologie, die sich ziemlich weit von der Länderkunde entfernt hat, wieder in engere Verbindung mit ihr zu bringen.

Heidelberg, im Oktober 1920.

Alfred Hettner.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Zu meiner Freude ist eine neue Auflage dieses vor sieben Jahren erschienenen Buches nötig geworden. Das zeigt, daß es seinen Zweck erfüllt hat, Geographen und Geologen zu einer kritischen Prüfung der Grundbegriffe der Morphologie zu veranlassen. Aber ich glaube, daß es ihn noch nicht ganz erfüllt hat. Denn wenn auch die Hochflut der „modernen Morphologie“ abgeebbt ist, sind doch noch manche falsche oder voreilige Auffassungen zurückgeblieben, und auch weiterhin muß sich jeder, der sich mit morphologischen Problemen beschäftigen will, erst über die Grundfragen der Methode und der Theorie klar werden.

Ich mußte erwarten, daß mir Davis und seine Schüler stark widersprechen würden, und hatte gehofft, aus ihrem Widerspruche zu lernen. Aber die Kritik von Davis hat mich bitter enttäuscht. Er gießt die Schale seines Zornes über mich aus, und es macht fast den Eindruck, als ob er seine Bemerkungen mit roter Tinte in sein Exemplar geschrieben habe; aber er sagt nichts von sachlicher Bedeutung. Es ist ihm auch offenbar entgangen, daß der Zweck meines Buches nicht die Aufstellung neuer Theorien, sondern die kritische Sichtung des Bestandes der Wissenschaft ist.

Der Charakter dieser neuen Auflage ist im ganzen der gleiche geblieben. Aber im einzelnen habe ich sehr viel geändert; von der Berichtigung von Irrtümern abgesehen, habe ich das Ergebnis mancher neuen Forschung übernehmen können, mich aber auch mit neuen Hypothesen und wieder aufgewärmten älteren Auffassungen auseinandersetzen müssen. Vollständigkeit habe ich dabei ebensowenig wie in der ersten Auflage erstrebt. Das Kapitel über Hochländer und Tiefländer habe ich herausgelassen, weil es von keiner grundsätzlichen Bedeutung ist. Den Anhang über die Methoden der Forschung und Darstellung habe ich sehr gekürzt, weil er Wiederholungen enthielt, und weil ich manches dort Gesagte in mein Buch über die Geographie und ihre Methode übernommen habe.

Bei der Korrektur haben mich Prof. Dr. *Heinrich Schmittbühner* und stud. *Albert Kolb* freundlichst unterstützt; diesem verdanke ich auch die Anfertigung des Registers.

Heidelberg, im September 1928.

Alfred Hettner.

Inhalt.

Einleitung.

Seite

Die Bedeutung der Morphologie und ihre Stellung in der Geographie, in der Geologie und als selbständige Wissenschaft. Karte und sprachliche Darstellung. Beschreibung und Erklärung. Tektonik und Morphologie. Entwicklung und heutiger Stand der Morphologie. Die Aufgabe des Buches I

I. Die Kleinformen der Landschaft.

1. Die Bedeutung der Kleinformen für das Antlitz der Landschaft und für das Verständnis der Abtragung II

2. Die Methoden der Beschreibung und Untersuchung. Beschreibung und Erklärung. Beobachtung der Vorgänge: Feststellung der Verbreitung, Vergleich mit der Bodenbeschaffenheit, Untersuchung der Mechanik der Vorgänge. Klassifikation und Terminologie 13

3. Das Spiel der Kräfte und die Analyse der Formen. Entwicklung der Auffassung. Die Verwitterung. Die Bodenbewegungen . . 16

4. Die Abhängigkeit vom Gestein und seiner Lagerung. Notwendigkeit petrographischer Auffassung 18

5. Die Abhängigkeit vom Klima. Späte Erkenntnis. Die Untersuchung der Wüste. Die Untersuchung in anderen Klimagebieten. Kleinformen aus der Vergangenheit 20

II. Die Entstehung der Täler.

1. Die Erosionsnatur. Spalten- und Erosionstheorie, Gründe für beide. Verhältnis der Täler zur Tektonik. Begriffsbestimmung. Bedeutung der Täler für die Auffassung der Landoberfläche 24

2. Die Theorie der Erosion. Induktion und Deduktion. Hydrodynamik. Ausbildung der Theorie. Die erodierende Kraft. Die Art der Arbeit. Unmittelbare und mittelbare Erosion. Erosion in die Tiefe und nach der Seite. Die Transportkraft. Das Gleichgewichtsprofil. Flußwindungen und Entstehung der Talsohlen. Talwindungen. Verhältnis der Talbildung zur Entstehung des Gebirgsbaus 28

III. Talterrassen.

Die verschiedenen Arten von Talterrassen. — Die Denudationsterrassen und ihre Abhängigkeit vom Gesteinswechsel. Karplatten. — Die Erosionsterrassen: ihre Untersuchung und die Konstruktion der alten Talböden; örtliche und allgemeine Terrassen; Perioden der Erosion. — Schotterterrassen: Klimawechsel und Hebung als Ursachen der Aufschüttung und Zerschneidung. — Allgemeine Bedeutung der Talterrassen 36

IV. Alter und Form der Täler.

Seit

1. Alter und Entwicklungsstufe. Zeitbestimmung. Entwicklungsreihen. *Davis'* Auffassung des Alters: Vergleich mit dem Leben, Zeit und Entwicklungsstufe; das Tempo der Entwicklung. Alter oder Intensität der Hebung 44
2. Merkmale des Alters. Längsprofil, Talsohle, Talhänge, Dichte und Verzweigung des Talnetzes, Verhältnis zum inneren Bau. Mangelnde Übereinstimmung dieser Merkmale. Notwendigkeit induktiver Prüfung. Psychologie des Irrtums 50
3. Die Talformen. Klammern. Cañons und cañonartige Täler. V- oder Kerbtäler. Sohlentäler. Unterbrochene Talbildung. Unechte Täler: Wadis und Glazialtäler 56

V. Richtung und Anordnung der Täler.

Verhältnis der Täler zur Richtung der Gebirge und zum inneren Bau. Rechtsinnige (konkordante) Täler. Scheinbarer Widersinn (Diskordanz) der Täler. Überlebende (antezedente) Täler. Nachträgliche Talbildung. Die Kriterien der Entstehungsweise. Talnetze und Talssysteme; ihre Abhängigkeit vom Alter und vom Bau des Landes . . 61

VI. Landterrassen, Rumpfflächen und andere Einebnungen.

- Die Bedeutung des Problems der allgemeinen Einebnung der Landschaft 69
1. Landterrassen. Abhängigkeit vom Gestein. Der Mechanismus der Abtragung. Oberflächengestaltung in durchlässigem und undurchlässigem Gestein. Entstehung der Stufenlandschaften. Anordnung der Gewässer. Verhältnis der Landterrassen zu den Talböden. Ihr Alter. Vorangehende Kappung? 70
2. Andere Einebnungen der Gegenwart. Strandplatten. Karplatten. Karstgebiete. Zentralgebiete. Inselberglandschaften 78
3. Die Theorie der Rumpfflächen. Entdeckung. Theorie der marinen Abrasion. Theorie der festländischen Einebnung. Terminologie. Die Rumpfnatur. Prüfung der Merkmale mariner und festländischer Entstehung. Theorien der Entstehung in anderen Klimaten. Theorie der Entstehung in geringer Meereshöhe 81
4. Das Vorkommen von Rumpfflächen und die Kriterien ihrer Rekonstruktion. Alte Rumpfflächen. Hypothetische Annahme junger Rumpfflächen. Prüfung der Merkmale: Vorkommen von Flächenstücken, junge Auflagerungen, gleiche Höhe der Gipfel, Verhältnis zum inneren Bau, Anordnung des Flußnetzes, Flußmäander, Ablagerungen am Fuße der Gebirge. Zusammenfassende Kritik 88

VII. Bauplan und Baustil der Gebirge.

1. Der Bauplan. Bedeutung der Abtragung; tektonische und wirkliche Oberfläche. Täler und Völlformen. Das Maß der Zertalung. Die Intensität der Gliederung (Reliefenergie) 96
2. Der Baustil. Bestimmung des Landschaftscharakters durch das Alter. Erhebungen und Einsenkungen in ihrer Abhängigkeit von Lage und Härte. Einfluß von Reliefenergie, Lagerung und Gestein. Einfluß des Klimas 100

VIII. Die Abhängigkeit der Landoberfläche vom inneren Bau.	Seite
Wechsel der Auffassung. Die Abhängigkeit der Oberflächenformen vom Gestein, von der geologischen Formation, vom inneren Bau (Lagerungsverhältnisse und Tektonik), vom geologischen und sog. morphologischen Alter	103
IX. Die Entwicklung der Landoberfläche.	
1. Das Wesen der Entwicklung. Revolution und Evolution. Die Entwicklung als Summierung der Wirkungen; Bedeutung des Alters. Nachwirkung anderer Bedingungen der Vergangenheit . . .	111
2. Die tektonische Entwicklung. Säkulare Hebungen. <i>Davis'</i> Zyklentheorie. Die Bedeutung der Zyklen für das Bild der Landschaft. Säkulare Senkungen. Schollenbewegung und Faltung. Vulkanische Ausbrüche	113
3. Die klimatische Entwicklung und ihr Unterschied von tektonischen. Die postglaziale Trockenzeit. Die Eiszeit. Die Lößbildung. Das Pluvialklima. Das Klima der Tertiärzeit. Rückblick . . .	119
X. Die morphologische Wechselbeziehung der Landschaften.	
Vorgänge der Umlagerung. Die Korrelation der Gebiete. Die Umlagerung in verschiedenen Klimaten. — Glaziale Abtragung und Ablagerung. — Fluviale Umlagerung: peripherische Flüsse mit Unterlauf in feuchten oder in Trockengebieten und zentrale Flüsse. — Flußlose Landschaften; selbständige und unselbständige Wüsten, Umlagerung durch Wind und Eintagsflüsse	126
XI. Die Küsten.	
Die morphographische Betrachtung: wagrechte Gliederung, Aufriß, Beschaffenheit. Küstentypen. Das Studium der Vorgänge. Die genetische Betrachtung. Genetische Klassifikation und deduktive Klassifikation auf Grund des Alters. Die Küsten in der Länderkunde. . .	135
XII. Die Theorien über die Entstehung der Landoberfläche.	
Die Bedeutung der Theorie. Die vorwissenschaftliche Erklärung aus gewaltigen Naturereignissen. Drei Etappen der wissenschaftlichen Auffassung: einseitige Erklärung aus dem inneren Bau, Auffassung der Täler als Gebilde der Erosion, Erkenntnis der starken Abtragung über die Fläche. Erklärung aus innerem Bau und oberflächlicher Umbildung. Verschiedenartigkeit der Umgestaltung in verschiedenen Klimaten. Die Auffassung der Entwicklung; <i>Davis'</i> Zyklentheorie	139
XIII. Der Formenschatz der Landoberfläche.	
Bedeutung der Klassifikation. Künstliche Klassifikationen, Typen und genetische Klassifikation. Die Größenordnung der Formen. Unselbständige und selbständige Formen. Der morphologische Charakter der Landschaften. Notwendigkeit mehrgliedriger Klassifikation. Klassifikation der oberflächlichen Umbildung. Konvergenzformen. Die Oberflächenformen als geographische Gebilde	146
XIV. Gliederung und Einteilung der Landoberfläche	154

Anhang: Morphologische Forschung und Darstellung.	Seite
1. Die Methode der Forschung	
a) Vergleichendes Kartenstudium und Beobachtung	156
b) Induktion und Deduktion. Deduktive Schlüsse im induktiven Verfahren. Das deduktive Verfahren der <i>Davisschen</i> Schule: Unklarheit der Begriffe; falsche Auswahl der Bausteine der Theorie; geometrische statt physiologischer Betrachtung	158
2. Die Methode der Darstellung. Die Aufgabe. Wege der Darstellung. Die Beschreibung. Geologische Erzählung und genetische Darstellung. Die geographische Klassifikation.	162
3. Die Terminologie. Bedeutung, Fehler einer Vermischung mit hydrographischen, verkehrsgeographischen und tektonischen Ausdrücken. Herkunft der Ausdrücke, ihre Anwendung und Umbildung. Beschreibende und genetische Terminologie. Beispiele der Terminologie von Landschaften	165
4. Die Orometrie. Ihre Aufgabe. Geringer genetischer wie siedlungs- und verkehrsgeographischer Wert	169
5. Morphologische Karten. Lithologische Karten. Karten der Vorgänge. Bodenkarten. Morphologische Karten.	170
6. Bilder und Ansichten. Perspektivische Ansichten (Photographien und Zeichnungen). Schematische Ansichten und Blockdiagramme	173
Sachregister	175

Einleitung.

Die Formen der Erdoberfläche sind seit alters ein Gegenstand der Geographie; denn man kann sich ein Land nicht ohne seine Berge und Täler, seine Hochländer und Tiefländer vorstellen. Freilich ist die Behandlung Jahrhunderte hindurch sehr dürftig und äußerlich geblieben; erst im Laufe des 18. Jahrhunderts hat die Ausbildung der Meßmethoden eine richtige und vollständige Auffassung der Formen möglich gemacht, erst im 19. Jahrhundert hat die Ausbildung der Geologie die Grundlage eigentlich wissenschaftlicher, d. h. die Ursachen und das Wesen der Erscheinungen erfassender Betrachtung gelegt. Es gehörte zu den größten Aufgaben, ja vielleicht kann man sagen, es war die größte Aufgabe, die der Geographie in den letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts gestellt war, eine Formenlehre (Morphologie) der festen Erdoberfläche zu schaffen. Wer unbefangenen urteilt, kann nicht in Abrede stellen, daß in diesen fünfzig Jahren viel geleistet worden ist. Natürlich waren viele Ansätze in der Geologie und physikalischen Geographie und in wissenschaftlichen Reisebeschreibungen vorhanden; aber wer eine geographische Darstellung von damals und heute in die Hand nimmt, dem wird ein Unterschied in dem Maße und der Art der Behandlung der Formen der Erdoberfläche entgegengetreten, wie er größer kaum gedacht werden kann.

Diese Entwicklung hatte jedoch eine Kehrseite. Die Pflege der Morphologie überwucherte auf Kosten anderer Zweige der Geographie, so daß man von einer Hypertrophie der Morphologie im Lehrgebäude der Geographie reden konnte; wie der verlorene Sohn bei seiner Heimkehr den Eltern der liebste ist und von ihnen am meisten gehegt wird, so wird einem lange vernachlässigten Zweige der Wissenschaft später die größte und oft übertriebene Pflege zu Teil. Eine Zeit lang war fast alle wissenschaftlich-geographische Arbeit auf Morphologie gerichtet, jeder junge Geograph mußte in erster Linie Morpholog sein, der Geologe wurde fast als ein geborener Geograph angesehen, Schulleute und auch Geologen wollten den Unterricht in der Geologie mit dem in der Geographie verbinden, die beiden Fächer in den Prüfungsordnungen zusammenfassen. Gegen diesen Überschwang hat sich seit einiger Zeit eine Reaktion geltend gemacht, die besonders unter dem Eindrucke des Weltkrieges an Boden gewonnen hat. Die feste Erd-

oberfläche ist nur ein Gegenstand der Geographie; neben ihm stehen gleichberechtigt wenigstens fünf andere, den anderen Naturreichen gewidmete, denen die Geographie gleichmäßig ihre Aufmerksamkeit zuwenden muß. Sie alle bedürfen der wissenschaftlichen Vertiefung, und sowohl aus allgemein kulturellen wie aus nationalen Gesichtspunkten wird das größte Interesse immer dem Menschen zugewandt werden. Ein Rückschlag war daher berechtigt. Aber er darf nicht zu weit gehen; man soll nicht das Kind mit dem Bade ausschütten. Die Formen der Erdoberfläche sind nun einmal der hervorstechendste Zug im Bilde der Landschaft, sind die Grundlage des Klimas und alles Lebens, auch der Siedlung und des Verkehrs, des Wirtschaftslebens und überhaupt der Kulturverhältnisse des Menschen. Wer keine klare und reiche Auffassung der Oberflächenformen hat, wird auch bei der Lösung anderer geographischer Aufgaben versagen; auch anthropogeographische Betrachtungen bekommen leicht etwas verschwommenes, wenn die morphologische Grundlage unsicher ist. Gründliches Studium der Formen der Erdoberfläche ist unbedingtes Erfordernis für jeden Geographen. Und was vom einzelnen gilt, gilt auch von der Wissenschaft im ganzen. Die Geographie darf nicht in Morphologie aufgehen; aber sie würde verkümmern, wenn sie darauf verzichten wollte. Sie kann sich auch nicht mit dem begnügen, was ihr die Geologie bietet, sondern muß diesen Grundstock ihres Lehrgebäudes selbst bauen, wenn nicht das ganze Gebäude brüchig werden soll.

Auch das Verhältnis der Geologie zu der Formenlehre der Erdoberfläche hat im Laufe der Zeit geschwankt und ist noch heute umstritten. Sie darf die Oberflächenformen nicht außer Acht lassen; kann sie doch aus ihnen, wie man immer mehr erkennt, oft bedeutungsvolle Schlüsse auf den inneren Bau ziehen, führt doch das Studium der Gesteine und der Vorgänge fast von selbst auf das Studium der Formen! Dem Geologen, der eine Gegend aufnimmt, kann man es nicht verargen, wenn er seine Arbeit in einer Betrachtung der Oberflächenformen ausklingen läßt. Der Geograph soll nicht eifersüchtig auf ihn sein, sondern sich im Gegenteil seiner Hilfe freuen und muß nur verlangen, daß jener die erforderliche wissenschaftliche Vorbildung für die Lösung morphologischer Probleme mitbringe, was heute keineswegs immer der Fall ist. Er wird sich aber gegen die Anmaßung mancher Geologen wehren, die ihrerseits in einem gewissen Brotneide den Geographen aus seinem Arbeitsgebiete verdrängen wollen. Gerade die ältere deutsche Geologie hat auf dem Gebiete der Morphologie wenig geleistet! Wer in den 70er und 80er Jahren an morphologische Probleme ging, konnte sich in der geologischen Literatur nicht viel

Rat für das Verständnis der Oberflächenformen holen; selbst die dynamische Geologie fristete, wenigstens in Bezug auf die exogenen Vorgänge, ein ziemlich kümmerliches Dasein. Die Formen der Erdoberfläche sind für den Geologen auch heute nur eine Zutat. Die Geologie ist ihrem Wesen nach Erdgeschichte; die eigentliche Bedeutung der Morphologie für sie liegt daher nicht in der Auffassung der heutigen Form der Erdoberfläche, sondern in der Erkenntnis von deren Form in vergangenen geologischen Perioden; das ist ein wichtiger, aber erst wenig bearbeiteter Teil der sog. Paläogeographie, die immer mehr zu einem wesentlichen Bestandteile der Geologie wird. Hier muß die geologische Arbeit viel mehr als bisher einsetzen, und da nach dem bekannten, besonders von *Lyell* in die Wissenschaft eingeführten Forschungsgrundsatz der sichere Ausgangspunkt für die Erforschung der Vergangenheit immer das eindringende Studium der Gegenwart ist, muß sich der Geolog ebenso wie mit den Vorgängen auch mit den Oberflächenformen der Gegenwart gründlich vertraut machen. Eine solche geologisch gerichtete Morphologie haben besonders *M. Neumayr* und *Joh. Walther* angebahnt, und mehr noch stellt *Walther Penck*¹⁾ in seiner Morphologischen Analyse die Morphologie bewußt in den Dienst der Geologie und namentlich der Tektonik; aus dem Formenschatze sucht er die Bewegungen der Erdkruste zu erschließen, die der gewöhnlichen tektonischen Betrachtung verschlossen sind. Das ist die eigentliche Bedeutung seines Buches, das der Geographie nur mittelbar dient.

Man kann die Frage aufwerfen, ob die Morphologie der Erdoberfläche außer ihrer geographischen oder chorologischen und ihrer geologischen oder erdgeschichtlichen Bedeutung auch selbständige Bedeutung in dem Sinne einer Wissenschaft von den Oberflächenformen als solchen ohne Rücksicht auf ihre örtlichen oder zeitlichen Beziehungen habe, ob es eine Morphologie als selbständige Wissenschaft gebe oder geben werde. Wenn man zum Vergleiche an die Bodenkunde, die Schwester der Formenkunde, denkt, erscheint die Frage nicht unberechtigt; denn die Bodenkunde ist zweifellos neben ihrer Behandlung in der Geologie und in der Geographie eine selbständige Wissenschaft geworden, die besonders im Interesse der Land- und Forstwirtschaft gepflegt wird. In einem ähnlichen Verhältnis steht die Morphologie zur Militär- und Verkehrswissenschaft. Unsere Karten sind meist

1) *Walther Penck*, Die morphologische Analyse, ein Kapitel der physikalischen Geologie. Stuttgart 1924. Vorher schon in der Abhandlung: Wesen u. Grundlagen der morphologischen Analyse. Sitz. Ak. d. Wiss. Lpzg., math.-phys. Kl. LXXXII. 1920.

Generalstabskarten, werden vom Militär und vorzugsweise in militärischem Interesse gezeichnet; wenn die Militärwissenschaft oder wenigstens die deutsche Militärwissenschaft die theoretische Geländelehre bisher wenig gepflegt hat, so liegt eine Unterlassungssünde vor; die französische Militärwissenschaft ist darin weiter gegangen und hat uns zwei vorzügliche Bücher darüber geschenkt. Auch das Wirtschaftsleben braucht eine Geländetechnik, die auf wissenschaftliche Auffassung der Oberflächenformen begründet werden muß. So wird die Morphologie wohl auch im Sinne einer Gegenstandswissenschaft, d. h. einer Wissenschaft von den Oberflächenformen als solchen, selbständige Bedeutung gewinnen, wobei die örtliche und die zeitliche Verteilung der Formen, ähnlich wie etwa in der Botanik und Zoologie, als Eigenschaften der einzelnen Formenklassen erwähnt werden, jedoch nicht der eigentliche Gegenstand des Interesses sind.

Eine solche systematische Morphologie gibt es, fast möchte ich sagen: unabsichtlich, schon seit langem. Viele, sogar wohl die meisten geographischen Darstellungen der Morphologie haben systematischen Charakter, stellen die Formen als solche statt ihres Vorkommens in den Vordergrund der Betrachtung, ordnen den Stoff nach Formenklassen. Eine Morphologie in diesem Sinne ist zwar, wie die allgemeine Bodenkunde, eine Disziplin der allgemeinen Erdkunde, aber keine Geographie. Dieser sind die Formen der Erdoberfläche immer Bestandteile der Landschaft und müssen als solche verstanden werden; die einzelnen Formen müssen in der Landschaft stehen, sich aus Bau und Klima des Landes ergeben, die Grundlage des Pflanzen- und Tierlebens und des Menschen bilden. Die geographische Betrachtung muß darum immer chorologisch sein; das kann gar nicht oft genug betont werden, weil der Spezialist es so oft wieder vergißt. In der Forschungsarbeit gehen die geographische, die geologische und die systematische Morphologie eine lange Strecke Weges zusammen, um sich erst weiterhin zu trennen; sie behauen dieselben Bausteine, führen aber andere Gebäude auf, und der Geograph versäumt seine eigentliche Aufgabe, wenn er das Lehrgebäude der systematischen Morphologie aufführt, statt die Formen der Erdoberfläche als Ursache und Wirkung in die Landschaft hineinzustellen.

Die Morphologie hat verschiedene Ausdrucksmittel.

Die vollständige Wiedergabe aller Formverhältnisse der Landoberfläche fällt der Karte zu, zu der ergänzend das Profil tritt. Sie ist neben der eigenen Anschauung die wichtigste Grundlage der geographischen Formenlehre. Karten sind seit dem Altertum gezeichnet

worden; aber erst seit der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts haben wir in zahlreichen Höhenmessungen das Material und in den Höhenlinien und der Schraffur die Ausdrucksmittel gewonnen, um, als Ersatz des Reliefs, das namentlich dem Ungeübten die beste Anschauung gewährt, aber aus praktischen Gründen nur in beschränktem Grade anwendungsfähig ist, das Gelände darzustellen. Seitdem ist das Material ungeheuer gewachsen, die Darstellungsmethoden sind immer weiter ausgebildet worden, und wenigstens von allen Kulturländern liegen Karten großen Maßstabes vor. Dazu ist die Technik der Vervielfältigung so viel besser und billiger geworden, daß die Karten weite Verbreitung finden und in den Händen eines jeden sein können, der daran Interesse hat. Nur darf man ihren Wert nicht überschätzen, darf von ihnen nicht alles erwarten, darf ihnen auch nicht blind vertrauen. Die Kleinformen entziehen sich ihrer Darstellung, und auch in den Großformen müssen sie generalisieren, um so mehr, je kleiner ihr Maßstab ist. Jede Generalisierung ist aber subjektiv, wird von bestimmten Meinungen beherrscht. Ich erinnere daran, wie lange man jede Wasserscheide als Gebirgskette gezeichnet hat; die Gebirgsknoten der Anden, die noch heute in manchen Büchern spuken, sind nur aus einer solchen falschen Vorstellung hervorgegangen. Geologisch gebildete Reisende haben ihre geologischen Vorstellungen in die Karte hineingelegt, und man darf sie nun nicht aus dieser beweisen wollen. Die neuere amerikanische Topographie steht unter dem Banne der *Davisschen* Naturauffassung und kann darum nicht zu deren Bestätigung dienen. Das sind Schwächen der Karte; aber verkehrt ist die daraus abgeleitete Forderung, daß der Kartenzeichner rein mechanisch verfahren solle, denn die Erfahrung lehrt, daß dann erst recht unnatürliche Formen herauskommen; mit Recht verlangen moderne Leiter von Kartenaufnahmen morphologische Schulung ihrer Topographen, damit sie die charakteristischen Geländeformen in der Natur richtig auffassen und darstellen.

Als Ergänzung der Karten und Profile dienen Ansichten, seien es Gemälde und Zeichnungen oder Photographien. Sie verzichten auf die geometrische Strenge, geben dafür aber ein anschauliches Bild der Landschaft (vgl. den Anhang).

Die Bedeutung der sprachlichen Darstellung ist durch dies Vordringen der Karte und des Bildes eine andere geworden. Ursprünglich mußte sie die Formverhältnisse einer Landschaft klar machen; heute tritt sie nur ergänzend zur Karte. Von dem Verhältnis der sprachlichen Beschreibung eines Landes zur Karte gilt, was Lessing im Laokoon von dem Verhältnis der Dichtkunst zur bildenden Kunst gesagt hat.

Die Sprache, in der Wort auf Wort, Satz auf Satz folgt, die Zeit braucht, um eine Vorstellung zu erwecken, kann ein verwickeltes räumliches Verhältnis nie anschaulich machen. Es ist lehrreich, auf Aussichtspunkten eine umfassende Beschreibung der Aussicht zu versuchen; sie wird nie gelingen, nie die Aussicht in die Erinnerung zurückrufen, nie anderen eine richtige Vorstellung geben. Umständliche Beschreibungen der Oberflächengestalt eines Landes sind mit Recht aus den geographischen Darstellungen ziemlich verschwunden und fristen fast nur noch in statistischen Landesbeschreibungen und dergl. ihr Dasein. Solange das Wort bei der reinen Beschreibung bleibt, kann es seine Aufgabe nur darin sehen, die Hauptsachen hervorzuheben und die Karte oder auch das Bild zu ergänzen, namentlich die in der Art der Kleinformen begründete Physiognomie der Landschaft zu kennzeichnen.

Bei *Karl Ritter* und seiner Schule ist die geographische Auffassung der Oberflächenformen rein beschreibend geblieben, wohl weniger aus grundsätzlichen Bedenken gegen die ursächliche Auffassung, als weil diese anfangs noch nicht möglich war und später den meist von der Geschichte kommenden Geographen nicht lag. Erst mit *Peschels* Neuen Problemen der vergleichenden Erdkunde hat sie ihren Einzug in die Geographie gehalten. Sie hat sich nur gegen starken Widerstand der älteren Geographen durchsetzen können, und manche verhalten sich noch heute ablehnend dagegen, wozu ihnen manche Übertreibungen, besonders der amerikanischen Schule, ein gewisses Recht geben. Aber man darf die ursächliche Auffassung der Erdoberfläche heute als einen gesicherten Besitz unserer Wissenschaft ansehen, und es zeugt von einer merkwürdigen Verkennung des Sachverhaltes, wenn *W. M. Davis* der deutschen Geographie vorwirft, daß sie sich mit der Beschreibung begnüge. Keine Wissenschaft kann das tun und auf die Erklärung verzichten, diese einer anderen Wissenschaft überlassen. Schon die volle Auffassung der Tatsachen ist ohne Erkenntnis der Ursachen unmöglich. Wer weiß, daß ein bestimmtes Bergland ein von Flüssen zerschnittenes Tafelland ist, wird es genauer auffassen, besser seinem Gedächtnis einprägen und anderen klarer machen, als wer sich keine Gedanken über die Entstehung macht und die Täler und Berge als gegebene Tatsachen hinnimmt. Auch nur durch die ursächliche Auffassung können die Formen der Erdoberfläche in den Zusammenhang der Erscheinungen gerückt und zu einem Bestandteile der Landesnatur gemacht werden; denn sie sind je nach Bewässerung, Klima, Pflanzendecke und selbst nach der Art der Tierwelt und der menschlichen Bewohner verschieden, hängen von ihnen ab. Wenn über-

haupt die ursächliche Auffassung der Länder und Landschaften die eigentliche Aufgabe der Geographie ist, so darf diese nicht vor der Gestalt der festen Erdoberfläche damit Halt machen.

Die Ursächlichkeit der Formen zu untersuchen, ist die Aufgabe dieses ganzen Buches. Nur eine Unterscheidung muß gleich hier am Eingange gemacht werden. Die Erfahrung lehrt, daß die Gestalt der Erdoberfläche durch die Einwirkung oberflächlicher Kräfte auf den inneren Bau der festen Erdrinde entsteht. Dadurch zerlegt sich die Erklärung der Gestalt der festen Erdoberfläche in zwei Aufgaben: in die Auffassung und Erklärung des inneren Baus, dieses Wort in dem weiteren Sinne genommen, daß es die ganze Gestaltung der festen Erdoberfläche durch endogene Vorgänge umfaßt, und die Auffassung und Erklärung seiner oberflächlichen Umbildung. Jene fällt der Tektonik, diese der Morphologie zu. Die Unterscheidung ist nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch wichtig. Zwar muß sich die Geographie auch mit den Tatsachen des inneren Baus vertraut machen, weil sie die notwendige Grundlage sind; aber deren Bearbeitung ist mehr Sache der Geologie. Der Geograph widmet sich ihnen nur, wenn etwa in weniger bekannten Ländern die geologische Grundlegung noch fehlt; dann muß er für kurze Zeit gleichsam den Geologen spielen. Die Morphologie im engeren Sinne dagegen ist nicht nur in ihren Ergebnissen geographisch bedeutsam, sondern auch vorzugsweise Arbeitsgebiet des Geographen, obgleich sich auch der Geologe mehr als früher damit vertraut machen muß. Dieses Buch hat es nur mit ihr zu tun und wird die Lehre vom inneren Bau (die Tektonik) nur heranziehen, soweit es zum Verständnis nötig ist.

Die Morphologie hat in dem letzten halben Jahrhundert eine rasche, manchmal eine sich überstürzende Entwicklung durchgemacht. Am Ende der 60er Jahre stand sie noch in den Kinderschuhen. Zwar hatten die englischen Geologen manche gute Einsicht gewonnen; aber die kontinentale Geologie wußte eigentlich nur mit den Kleinformen etwas anzufangen. *Peschels* Neue Probleme brachen ihr die Bahn und wirkten ungeheuer anregend; aber es läßt sich nicht leugnen, daß sie an einer gewissen Oberflächlichkeit krankten. Erst das Buch des Baseler Anatomen *Rütimeyer* über Tal- und Seebildung im Schweizer Jura und in den Alpen begründete die auf Beobachtung gestützte Forschung und im besonderen die Lehre von der Erosionsnatur der Täler, die die Grundlage aller weiteren Forschung geworden ist und für die Auffassung der Abtragung über die Fläche die notwendige Voraussetzung war. Von besonderer Bedeutung wurden die Untersuchungen in den

Kordilleren der Vereinigten Staaten, wo eine Anzahl hervorragender Männer, wie *Powell, Gilbert, Dutton* u. a., die unter der besonders günstigen Bedingung des Trockenklimas und der Kahlheit des Bodens arbeiteten und darum weit tragende Schlüsse ziehen konnten. Von ihnen hat *Richthofen* starke Anregung empfangen, dessen Auffassung von Zentral-Asien und China epochemachend wurde, und dessen Führer für Forschungsreise wie kein anderes Werk anregend und wegweisend gewirkt hat und, obwohl im einzelnen vielfach veraltet, noch heute die beste Einführung in das Studium der Morphologie ist. Nur wer die Zeit vorher schon denkend erlebt hat, kann den ungeheuren Fortschritt der morphologischen Wissenschaft in den letzten Jahrzehnten ermessen. Es begann die Zeit solider Einzelbeobachtung in der Natur und wachsender Ausbildung der Methoden. Man verzichtete nicht auf das vergleichende Kartenstudium, man verzichtete auch nicht auf die deduktive, vom Wesen der Vorgänge ausgehende Betrachtung, stellte sie aber immer nur im Zusammenhange mit der Beobachtung in der Natur an. Im Verlaufe dieser Forschungen erkannte man immer mehr die ungeheuere Bedeutung der Vorgänge der Erdoberfläche, die nicht nur im einzelnen gestalten, sondern eine ganz neue Oberfläche schaffen. Aber man blieb sich immer bewußt, daß ihre Arbeit den inneren Bau voraussetzt, und daß die Oberflächenformen nur aus diesem verstanden werden können.¹⁾

Selbstverständlich bestanden im einzelnen mancherlei Meinungsverschiedenheiten, wie etwa über die Gletschererosion, über die Rolle des Windes bei der Ausgestaltung der Wüste, auch über die marine Abrasion oder festländische Abtragung als Ursache der Einebnung des Landes; aber ein grundsätzlicher, das ganze Wesen der Wissenschaft umfassender Gegensatz ist erst durch die Lehre des Amerikaners *W. M. Davis*²⁾ hervorgerufen worden. Er hat seinen Ausgang von der Kordillerenforschung genommen und dann auf vielen Reisen einen reichen Schatz morphologischer Erfahrung gesammelt. Er ist erst nachträglich zur Deduktion gekommen; aber er stellt sie nun grund-

1) Die Summe der morphologischen Erkenntnis wurde in *Noë und Margerie, Les formes du terrain* 1888 und in *Pencks* Handbuch der Morphologie, 2 Bde., 1894 (mit großer Beherrschung des Stoffes, aber mehr im Sinne einer systematischen Sachwissenschaft), kürzer auch in *Supans* Grundzügen der physischen Erdkunde 1884 zusammengefaßt.

2) Zuerst in einer Reihe einzelner Arbeiten, von denen die wichtigsten allgemaineren Inhalte in den *Geographical Essays*, Boston o. J., gesammelt worden sind, später in einem in deutscher Sprache verfaßten zusammenfassenden Werke: Die erklärende Beschreibung der Landformen, Leipzig 1912, daneben in einem kleineren Lehrbuch: *Physical Geography* 1898, deutsche Ausgabe von *Braun*:

sätzlich in den Vordergrund, und die Anwendung der deduktiven Methode oder, was auf dasselbe hinauskommt, die von vornherein erklärende Beschreibung ist der methodische Charakterzug der „modernen Schule“ geworden. Damit geht eine andere theoretische Auffassung Hand in Hand, und diese Verbindung ist nicht zufällig, sondern darin begründet, daß die deduktive Methode nur bei vereinfachter Theorie anwendbar ist. Oder vielleicht hat in umgekehrtem psychologischen Entwicklungsgange eine vereinfachte theoretische Auffassung die Anwendung der deduktiven Methode möglich gemacht. Der maßgebende theoretische Gedanke ist der der fortschreitenden Abtragung und Einebnung des Landes durch die an dessen Oberfläche wirkenden Kräfte und die Unterbrechung dieser Einebnung durch neue Hebungen. An sich nicht neu, wird er mit viel größerer Beharrlichkeit und auch Einseitigkeit durchgeführt, und die aus ihm entspringenden Begriffe des morphologischen Alters, des Zyklus und der Fastebene (*Penepplain*) stehen im Mittelpunkt und sind die Schlagworte der *Davisschen* Schule. Sowohl der Einfluß des inneren Baus wie des Klimas auf die oberflächliche Umbildung werden, wie der Bureaukrat sagen würde, in eine nachgeordnete Stelle gerückt, wodurch der eigentlich geographische Gesichtspunkt der Betrachtung ziemlich unterdrückt wird.

Das große, durch eine seltene Kunst des Zeichnens unterstützte didaktische Geschick von *Davis* und die bestechende Einfachheit der Lehre, haben ihr, ähnlich wie s. Z. der *Hegelschen* Philosophie, große Verbreitung verschafft. Allerdings in den verschiedenen Ländern in verschiedenem Maße: die amerikanische Forschung ist eine Zeit lang ganz im Banne der *Davisschen* Methode und Lehre gewandelt, die nüchternen Engländer haben sie großenteils abgelehnt, dagegen haben viele Franzosen, namentlich *Lapparent*¹⁾ und *Martonne*²⁾, und ein großer Teil der damals jüngeren deutschen Geographen und Geologen sich ihr mehr oder weniger hingegeben. So gehen heute oder gingen wenigstens gestern, denn seitdem hat sich bereits eine gewisse Klärung vollzogen, zwei Richtungen der Morphologie neben einander

Grundzüge der Physiogeographie 1911, 2. Aufl. 1915. Eine gute Übersicht seiner Lehre geben der Aufsatz von *Rühl*: Eine neue Methode der Morphologie, in *Abderhaldens* Fortschritten der naturwiss. Forschung VI 1912, und ein neuerer Aufsatz von *Davis* selbst: *The explanatory description of land forms* in der *Cvijic*-Festschrift 1924 S. 287 ff.

1) In verschiedenen Vorträgen und in den *Leçons de géographie physique* 1909.

2) Auch die vierte, 1927 erschienene Auflage von dessen *Traité de géographie physique* steht noch ganz im Banne der *Davisschen* Lehre.

her; es handelt sich darum, zwischen ihnen die Entscheidung zu treffen und den richtigen Weg für die morphologische Forschung zu erkennen.

Ich will hier keine systematische Darstellung der Morphologie geben, sondern nur die Grundfragen erörtern. Um festen Boden zu gewinnen, könnte man eine Geschichte der Morphologie schreiben, zu der bisher erst wenige Bausteine vorhanden sind. Es wäre sehr lehrreich, zu sehen, wie sich die wissenschaftliche Auffassung allmählich entwickelt hat; denn die Geschichte der Wissenschaft verdient nicht die gering-schätzigste Beurteilung, die man ihr oft zu Teil werden läßt, sondern schärft das Verständnis, weckt die Probleme, warnt vor Irrwegen, dient auch der Gerechtigkeit gegenüber älteren Forschern, die schon vieles von dem ausgesprochen haben, was sich heute als neu gibt. Sowohl die Behandlung einzelner Probleme, wie etwa der Karstbildung, der Bodengestaltung in der Wüste, der Glazialerosion, der Bildung der Rumpfflächen, wie andererseits die Charakteristik einzelner Schulen, z. B. die Behandlung der morphologischen Probleme in der englischen Geologie oder in der amerikanischen Kordillerenforschung, würden von größtem Interesse sein.

Ich wähle hier jedoch eine andere Form der Behandlung. Zwar in einem gewissen Anschlusse an die Entwicklung der Wissenschaft, aber nicht eigentlich geschichtlich will ich in einem methodischen Gange ihre wichtigsten Probleme behandeln, untersuchen, was zu ihrer Lösung geschehen ist und was zu tun übrig bleibt; ich will mit den einfacheren beginnen und zu den schwierigeren und verwickelteren fortschreiten, um schließlich zur Gesamtauffassung zu gelangen. Eine solche Behandlung kann ganz akademisch, platonisch, objektiv im engeren Sinne des Wortes sein, kann bei Streitfragen die verschiedenen Meinungen gegenüberstellen, ohne selbst Partei zu ergreifen. Ich glaube nicht, daß damit der Wissenschaft in diesem Augenblicke ein großer Dienst erwiesen würde; ich will nicht berichten, sondern kritisch Stellung nehmen.¹⁾ Wenn die Verwirrung in der morphologischen Wissenschaft nicht noch größer werden soll, müssen die Methoden und Theorien auf ihren Wert geprüft werden. Was sich von falschen

1) Ich habe die Kritik, von mehr gelegentlichen älteren Äußerungen abgesehen, mit einem Aufsätze über die Terminologie der Oberflächenformen 1911 begonnen und in den folgenden Jahren in einer Reihe von Aufsätzen in der Geogr. Zeitschrift fortgeführt. Eine ähnliche Kritik durchdringt *Passarges Physiologische Morphologie* (1912). Auch *Supan* hat die *Davissche* Lehre in der letzten Auflage seiner *Physischen Erdkunde* (1916) abgefertigt.

Methoden und sachlichen Irrtümern breit macht, muß bekämpft werden, damit der Boden wieder frei für solide wissenschaftliche Forschung wird. Durch eine solche Untersuchung hoffe ich der Geographie wie der Geologie und der systematischen Morphologie zu nützen.¹⁾

I. Die Kleinformen der Landschaft.

1. Die Bedeutung der Kleinformen.

Besondere Kleinformen sind es, was die Aufmerksamkeit des Laien zunächst erregt, was er als merkwürdig empfindet, wofür er eine Erklärung sucht, während er die großen Formen und die gewöhnliche Form der Hänge fast als selbstverständlich hinnimmt. Ähnlich ist es in der Entwicklung der Wissenschaft gegangen. Sie hat mit dem Studium auffallender Küstenklippen, von Höhlen im Kalk, von Sandstein- und Granitfelsen eingesetzt, hat sich ihnen vor den Großformen, namentlich auch vor den Tälern zugewandt, die lange einfach als Spalten hingenommen wurden; dies Studium erschien als ein fester Bestandteil der Wissenschaft. Aber neuerdings haben sich unter der Führung von *W. M. Davis* viele Morphologen vom Studium der Kleinformen abgewandt. Weder wird so auffallender Felsformen wie etwa der Erdpyramiden oder der Grotten, Tore und Pfeiler des Quadersandsteins oder der Felsenmeere anderer Mittelgebirge auch nur mit einem Worte gedacht, noch werden etwa die Formen verschiedener Gesteine oder verschiedener Klimate allgemein besprochen. Sie werden nicht nur vernachlässigt, sondern sowohl in den wissenschaftlichen Einzeluntersuchungen wie in den zusammenfassenden Darstellungen dieser Schule ganz bei Seite gelassen. *Rühl* erklärt ihr Studium ausdrücklich für unnötig und weist es der Geologie zu.²⁾ Und doch sind sie in zweierlei Hinsicht sehr wich-

1) Die Fortschritte unserer Kenntnis der exogenen Kräfte 1914—1924 hat *Joh. Sölich* im Geogr. Jahrb. Bd. 40 S. 100—272 behandelt. Zusammenfassende Darstellungen der Morphologie haben neuerdings *Passarge*, Grundlagen der Landschaftskunde Bd. III 1920, u. *A. Philippson*, Grundzüge der allgemeinen Geographie Bd. II 1924, gegeben.

2) *Davis* erklärt allerdings in einer Besprechung der ersten Auflage dieses Buches, daß er sie nur aus didaktischen Gründen bei Seite gelassen habe, weil in den winterlichen Vorlesungen in Berlin, aus denen sein Buch: Die erklärende Beschreibung der Landformen 1912 hervorgegangen sei, keine Gelegenheit gewesen sei, Kleinformen zu zeigen. Aber das Buch gibt sich doch als eine zusammenfassende Behandlung aus, und auch in der von ihm mit *Braun* verfaßten Physiogeographie 1911 ist von den Kleinformen kaum die Rede.

tig: unmittelbar, weil sie ein bestimmendes Element der Landschaft sind, mittelbar, weil sie vielfach den Schlüssel für das Verständnis der Großformen geben. Darum hat die ältere deutsche Schule der Morphologie unter *Richthofens* Führung den Kleinformen immer große Aufmerksamkeit zugewandt: *ich* bin als Student in der sächsischen Schweiz vom Studium der eigentümlichen Felsformen ausgegangen, *Walther* hat die Kleinformen der Wüste studiert, ihr Studium steht im Mittelpunkt von *Passarges* physiologischer Morphologie, in der es sogar zu sehr über das Studium der Talbildung überwiegt. So vollzieht sich schon hier die Scheidung der Geister, die sich heute in der Morphologie zu erkennen gibt.

Die Kleinformen bestimmen in hohem Grade das Antlitz der Landschaft oder, man kann auch sagen, ihre Physiognomie, ihren Formenschatz, ihren Baustil und damit auch ihren ästhetischen Charakter. Wie kann man ein Bild der sächsischen Schweiz oder des Harzes oder Riesengebirges gewinnen, ohne der charakteristischen Felsformen zu gedenken? Wie ein Bild des Hochgebirges oder der Wüste? Manchen Gegenden fehlen auffallende Kleinformen; aber dann ist eben dieser Mangel charakteristisch, und die Entstehung glatter Hänge muß zum Gegenstande des Studiums gemacht werden. Eine morphologische Darstellung ohne die Kleinformen bleibt tot und schematisch; sie gleicht einer Karte kleinen Maßstabes, die die Eigentümlichkeit der Kleinformen nicht mehr herausbringen kann. Was hier eine unangenehm empfundene Notwendigkeit ist, ist dort grundloser freiwilliger Verzicht. Auch der Einfluß der Landschaft auf Pflanzen- und Tierwelt und auf den Menschen, also ein großer Teil ihrer geographischen Bedeutung, geht damit zu einem guten Teil verloren.

Dazu kommt als zweites die mittelbare Bedeutung der Kleinformen, ihre Bedeutung für das Verständnis der Vorgänge der Umbildung und damit auch der Großformen. Diese entstehen durch Verwitterung und Bodenbewegung (oder Bodenversetzung), die man daher aus ihnen ebenso wie aus dem Studium der Bodenbeschaffenheit erkennen kann. Beispielsweise läßt sich die Bedeutung des Sickerwassers in der sächsischen Schweiz aus dem Studium der kleinen Höhlchen erkennen. Die meisten Kleinformen sind verhältnismäßig jung und haben kurze Dauer; sie vergehen, hinterlassen aber ihre Spuren, und diese summieren sich; daraus ergeben sich Großformen. Die Talhänge bilden sich durch Summierung der die Kleinformen erzeugenden Vorgänge; ihre Form hängt also mit jenen zusammen. Man denke etwa an die Felswände in durchlässigem Sandstein! Das Verständnis der Abtragung im großen und der Großformen beruht, neben

der Beobachtung der Vorgänge der Verwitterung und Denudation, auf dem Studium der Kleinformen. Die Betrachtung muß, um *Pasarges* glücklichen Ausdruck zu benutzen, physiologisch sein. Die große Einseitigkeit der *Davisschen* Methode, ihr Schematismus und ihre mangelnde Auffassung der Verschiedenheit der Formen in verschiedenen Erdstrichen hat in letzter Linie in der Vernachlässigung der Kleinformen ihren Grund. Es ist nicht richtig, daß diese Vorgänge genügend bekannt seien, um mit ihnen rechnen zu können. Im Gegenteil sind sehr wesentliche Schritte zu ihrer Erkenntnis erst ganz neuerdings getan worden, und sehr viel bleibt noch zu tun übrig.

2. Die Methoden der Beschreibung und Untersuchung.

Wie bei jeder wissenschaftlichen Arbeit ist das erste Erfordernis die genaue Beschreibung des Gesehenen oder überhaupt sinnlich Wahrgenommenen; denn nur sie ist einigermaßen objektiv und bleibt, während die Erklärung subjektiv und dem Wechsel unterworfen ist. Die Beschreibung gerade der Kleinformen ist gar nicht so leicht. Man hilft sich durch allgemeine Worte wie: eben, flach, steil, felsig usw. oder durch Vergleiche mit Gegenständen des täglichen Lebens; aber das sind Notbehelfe, für die sich keine allgemeinen Regeln aufstellen lassen. Auch die Karte versagt den Kleinformen gegenüber. Hier hat die Abbildung und insbesondere die Photographie ihre größtes Recht. Die Sammlungen morphologischer Photographien von *Chaix* u. a. haben besonders Kleinformen im Auge, und in der, oft allerdings recht schwierigen, Wiedergabe charakteristischer Kleinformen kann man kaum weit genug gehen.

Erst danach darf die Erklärung, d. h. die Zurückführung auf die Ursachen, einsetzen; sie darf nicht schon in die Beschreibung hineingetragen werden, weil diese dadurch leicht gefälscht wird. Die Erklärung von Formen der Erdoberfläche besteht in der Zurückführung auf die Vorgänge, denen sie ihre Bildung verdanken. Da es sich hauptsächlich um physikalische und chemische Vorgänge handelt, muß die Untersuchung auf physikalische und chemische Gesetze zurückgehen, und es wird einmal eine Zeit kommen, in der man sie als angewandte Physik und Chemie behandeln kann; aber die Zeit einer solchen Geophysik und Geochemie ist noch nicht gekommen. Die dynamische Geologie muß sich mit diesen Vorgängen beschäftigen, weil nach dem Grundsätze des Aktualismus nur sie die geologische Vergangenheit verstehen lehren. Auch die geographische Behandlung kann gar nicht anders, als auf die Vorgänge zurückgehen, weil sie die Kleinformen nur

dadurch in ursächliche Beziehung zum ganzen Charakter der Landschaft setzen kann. Aber sie darf nicht Lehre von den Vorgängen bleiben; denn nur wenige Formen lassen sich auf einen Vorgang zurückführen, die meisten gehen aus der Verbindung mehrerer Vorgänge der Verwitterung und Bewegung hervor. Morphologie ist etwas anderes als dynamische Geologie.

Unmittelbar läßt sich die Entstehung einer Form besonders dann beobachten, wenn der Vorgang sehr stark ist, z. B. in einem Bergsturz, einem Staubsturm, einem Hochwasser besteht. Solche Beobachtungen sind von großem Wert, und man soll darum die in Zeitungen und Lokalchroniken enthaltenen Nachrichten darüber möglichst sammeln, wie es vor mehr als einem Jahrhundert *E. v. Hoff* getan hat. Durch lange sorgfältige Beobachtung, ähnlich den geduldigen Beobachtungen, mit denen etwa die Brüder *Müller* die Insektenbefruchtung oder *Lubbock* u. a. das Leben der Ameisen verfolgt haben, kann man aber auch kleinere Vorgänge und ihre Wirkungen erkennen: das Springen der Steine in der Wüste, den Abfall von Moospolstern mit Sand, das Abspülen und Auswaschen nach Regengüssen. *Joh. Walther*, *Passarge*, *Sapper* und manche andere haben durch solche Beobachtungen die Wissenschaft gefördert.

Meist aber muß man mittelbar an die Probleme herangehen. Die Feststellung der Verbreitung der zu untersuchenden Formen innerhalb des Untersuchungsgebietes und unter Umständen darüber hinaus über die ganze Erde und der Vergleich der Verbreitung mit der Verbreitung anderer Erscheinungen, die als Ursachen oder Bedingungen angenommen werden können, wie Sonnen- oder Schatten-, Luv- oder Leeseite, Beziehung zu Nebel, zu Grundwasser und Quellhorizonten u. a., liefern eine wichtige positive oder negative Instanz, zeigen, daß die beiden Erscheinungen wahrscheinlich ursächlich verbunden sind oder nichts mit einander zu tun haben. Aber man muß dabei Vorsicht üben. Oft wird man zunächst mit einer unvollkommenen Auffassung sowohl der zu untersuchenden Form wie des als Ursache in Betracht kommenden Vorganges an die Untersuchung der Verbreitung herangehen und daher teilweise Übereinstimmung, teilweise Abweichung der Verbreitung finden. Erst die Bemühung, diesen Widerspruch aufzuklären, wird zu schärferer Auffassung führen. Wenn eine Erscheinung in einem Gebiete ohne den sie sonst begleitenden Bildungsvorgang auftritt, so ist das kein zwingender Beweis gegen die Abhängigkeit; denn die Form kann auch, und manche Forscher, wie namentlich *Passarge*, nehmen das sogar als die Regel an, aus einer früheren Zeit, etwa einer Zeit anderen Klimas, stammen, in der der Vorgang zur Auswirkung kam.

Sehr wichtige Hilfe kann der Vergleich der Oberflächenformen mit der Bodenbeschaffenheit leisten. Weder ist die Oberflächenform eine Wirkung der Bodenbeschaffenheit noch die Bodenbeschaffenheit eine Wirkung der Oberflächenform; aber beide hängen von denselben Vorgängen ab. Wenn man daher die Bildungsvorgänge des Bodens kennt oder ermittelt, wird man daraus auch die Oberflächenformen, die damit zusammen vorkommen, leichter beurteilen können. Anstehender und transportierter Schutt, Flußablagerungen, Geschiebelehm, Salzausblühungen, Kalkkrusten, die Steingärten der Polarländer usw. mit den sie begleitenden charakteristischen Oberflächenformen mögen als Beispiele dienen! Morphologische Untersuchungen dürfen nie ganz von der Untersuchung der Bodenbeschaffenheit getrennt werden.

Wenn man auf Grund vergleichender Untersuchung oder auch nur auf Grund einer Vermutung in einem bestimmten Vorgange die Bildungsursache einer Form annehmen zu dürfen glaubt, muß man sich die Mechanik des Vorganges klar machen. Das haben z. B. *Walther* und die von ihm beeinflussten Forscher nicht genügend getan, als sie die Winderosion predigten. Sie fanden bestimmte Formen in der Wüste und sahen andererseits, daß in der Wüste der Wind weht und wirkt; sie sprachen jene Formen darum als Windwirkungen an. Aber wie sollen tief in den Fels eindringende, vielfach verzweigte Grotten oder stark gewundene Täler durch den Wind ausgeblasen worden sein? In der Wüste gibt es doch auch andere Kräfte als den Wind, und nötigenfalls muß man die Vergangenheit zu Hilfe rufen.

Das Ergebnis der Beschreibung und Untersuchung kann eine Klassifikation nebst Terminologie der Kleinformen sein, die zuerst rein beschreibend auf Grund der äußeren Formeigenschaften und auch der stofflichen Zusammensetzung geschieht, im Laufe der Untersuchung aber immer mehr der Entstehung der Formen Rechnung trägt, genetisch wird. Eine solche Klassifikation wird die Beschreibung der Physiognomie einer Landschaft sehr erleichtern. Besonders aber wird sie für den Vergleich verschiedener Landschaften gute Dienste leisten. Sie hat für die Geomorphologie eine ähnliche Bedeutung wie eine Klassifikation der Vegetationsformen für die Pflanzengeographie. Diese Bedeutung muß jedem Versuche der Klassifikation vor Augen schweben, wenn er nicht seinen Zweck verfehlen und zur Spielerei werden soll. Er muß die geographisch charakteristischen und wirkungsvollen Eigenschaften in den Vordergrund rücken. Die Klassifikation muß auch das Gemeinsame der Formen herausarbeiten, die zusammen einen Formenschatz bilden. Wenn eine rein beschreibende Klassifika-

tion zunächst etwa Vollformen und Hohlformen und unter diesen wieder wagrechte und senkrechte, einseitig und mehrseitig geöffnete und andere Hohlformen unterscheidet, so wird eine genetische Klassifikation darin nur ein Schema sehen, das sie durch eine tiefer dringende, die Ursachen berücksichtigende Unterscheidung ausfüllen muß.

3. Das Spiel der Kräfte und die Analyse der Formen.

Anfangs faßte man alle merkwürdigen Formen, um die allein man sich kümmerte, als Naturspiele auf oder suchte ihre Erklärung in gewaltigen Naturereignissen: vulkanischen Ausbrüchen, großen Fluten u. dergl.. Das ist der Gang der Wissenschaft gewesen, und das wird jedem Reisenden entgegen treten, der sich mit Landeskindern, auch gebildeten, über auffallende Oberflächenformen unterhält. Es war schon ein Fortschritt, als man alle Felsgebilde des Binnenlandes auf frühere Ausbreitung des Meeres zurückführte. Selbst *Lyell*, der große Aktualist, der doch überall auf die Vorgänge der Gegenwart zurückgehen wollte, ist dem Fehler unterlegen, daß er auch im Binnenlande ohne weiteres Meereswirkungen annahm, obgleich *Hutton* und *Playfair* diese Einseitigkeit schon überwunden hatten. Erst in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts hat sich allmählich die Einsicht durchgerungen, daß auch Kräfte des Binnenlandes formbildend wirken.

Es handelt sich hier nicht darum, das Spiel der Kräfte im einzelnen darzulegen, sondern nur um die grundsätzliche Auffassung: um die Unterscheidung der Vorgänge und um ihr Zusammenwirken. Die Hauptsache ist die Erkenntnis, daß die Vorgänge sehr mannigfaltig sind, und daß fast immer mehrere zusammen wirken, unreine Form zu erzeugen, daß man eine Form daher nur ausnahmsweise als die Wirkung eines einzigen Vorganges auffassen kann. In der dynamischen Geologie mag es richtig sein, die Vorgänge in den Mittelpunkt der Betrachtung zu stellen und ihnen die Formen unterzuordnen; in der Morphologie ist das unzweckmäßig und führt zu keiner sicheren Erkenntnis der Formen. Sie muß vielmehr von der Gesamtheit der an der betreffenden Erdstelle verbündeten Vorgänge ausgehen und daraus die Formen erklären. Ihre Einheiten sind diese selbst, ist der Formenschatz einer Gegend. Sie hat z. B. nicht die Formen der Windwirkung zu betrachten, wie sie in den verschiedensten Erdgegenden auftreten — das ist nur ein Hilfsstudium —, sondern die Formen der Wüste, mögen sie durch den einen oder den anderen Bildungsvorgang geschaffen worden sein.

Die Bildungsvorgänge zerfallen in die Verwitterung und die Vorgänge der Bewegung, des Transportes und der Umlagerung; aber zwischen diesen beiden Klassen von Vorgängen besteht Wechselwirkung: die Bewegung kann meist erst einsetzen, wenn das Gestein durch Verwitterung gelockert ist, bereitet dann aber neuer Verwitterung die Bahn.

Hat man die Grundzüge der Verwitterung oder Gesteinsaufbereitung, wie *W. Penck* lieber sagen möchte, seit langem erfaßt, so hat doch erst die moderne Bodenkunde die Vorgänge im einzelnen verstehen gelehrt, und die Morphologie muß sich bei ihr Rat erholen. Die Vorgänge sind viel mannigfaltiger, schwerer zu verstehen und dabei wichtiger, als man lange gedacht hat; es ist ein Irrtum, daß die Verwitterung überall die gleiche Menge aufbereiteten lockeren Materials liefere und den Bewegungsvorgängen zur Verfügung stelle.

Auch die Bodenbewegungen oder Bodenversetzungen (Massenverlagerung bei *W. Penck*) sind noch keineswegs klar.¹⁾ Da das Studium vom feuchten Klima der gemäßigten Zone seinen Ausgang genommen hat, ist es begreiflich, daß es vom Wasser ausgegangen ist. Es ist auch begreiflich, daß man zuerst das oberflächlich rieselnde und spülende Wasser beachtet hat und erst später auf die Wirkungen des Wassers im Boden und im Gestein gekommen ist. Aber gerade hierin hat man in den letzten Jahrzehnten sehr wichtige Ergebnisse gewonnen, wie die Erkenntnis des sog. Kriechens (*Götzinger*) oder, nach *Passarges* Ausdruck: des Bodenschubes und die Erkenntnis der Ausspülung im Schutt in Folge der Durchtränkung des Bodens oder der rieselnden Bewegung des Wassers. Die Bildung von Regenrissen an geneigten Hängen war natürlich seit langem bekannt; an ihnen bereitet vielmehr die glatte Form vieler Hänge, die wir uns doch durch das rieselnde Wasser geschaffen denken müssen, dem Verständnis Schwierigkeit. Aber die Abtragung auf ganz schwach geneigten Flächen wußte man nicht zu erklären; hierfür scheinen *Schmittthenners* Untersuchungen über die Dellen²⁾ den Weg zu weisen, ziemlich geradlinige, ganz flache Einsenkungen ohne Talboden, die vom abfließenden Regen-

1) Eine sehr eingehende Betrachtung dieser Vorgänge gibt *Passarge* im dritten Bande seiner Landschaftskunde. Aber die Abspülung ist hier zu sehr von den Bodenversetzungen getrennt, und die Ausspülung kommt zu kurz.

2) Delle oder Telle ist nicht, wie man sonderbarerweise meint, ein neu erfundener, sondern ein alter Ausdruck, der sich auf vielen Karten findet, den ich auch in meinem Buche über die sächsische Schweiz gebraucht habe, und der auch im Grimmschen Wörterbuch steht. Die Erscheinung ist schon um 1791 von *C. Heim* beschrieben worden. Ungefähr dasselbe sind *W. Pencks* Korrosionalen, die er durch die Bewegung trockenen Schuttes entstehen läßt.

wasser geschaffen und durch das Gekriech des Bodens immer wieder ausgefüllt werden. Man hat eingesehen, daß alle diese Vorgänge viel größere Wirkung haben, als man geahnt hatte, daß die Gestaltung der Berghänge und auch der Hochflächen von ihnen abhängt, und daß sie in der Natur eine ebenso beachtenswerte Rolle spielen und ebenso untersucht werden müssen wie die Erosion des fließenden Wassers.

Die Wirkung des Windes ist in unserem Klima im allgemeinen gering, fehlt jedoch nicht und spielt nicht nur an der Meeresküste und im Hochgebirge, sondern auch auf dem Stoppelacker und auf der Straße eine bedeutsame Rolle. In Trockengebieten tritt der Wind ebenbürtig neben das Wasser, wengleich man dessen Rolle auch in jenen nicht unterschätzen und nicht alle Formen dem Winde zuschreiben darf. Über die Art der Windwirkung gehen die Meinungen noch aus einander. Singt *Walther*, wie *Passarge* sich ausdrückt, das hohe Lied der Deflation, d. h. der aufhebenden und wegblasenden Tätigkeit des Windes, so dieser das der Korrasion, d. h. des Sandgebläses. Nach *Erich Kaiser*¹⁾, dem ich beistimmen möchte, ist jedes an seinem Platze richtig: das Sandgebläse schafft gewisse Kleinformen, dagegen kommt für die Schaffung der Großformen nur die Bewegung des Sandes und Staubes durch den Wind in Betracht.

Es gibt auch noch andere Bewegungsvorgänge; aber da es sich hier nur um die grundsätzliche Auffassung handelt, dürfen wir sie bei Seite lassen.

Den Abschluß jeder Analyse der Vorgänge kann genetische Klassifikation bilden. Ich verzichte aber darauf, sie durchzuführen oder auch nur einen Versuch dazu zu machen; denn unsere Kenntnis ist noch zu lückenhaft, als daß sie befriedigend möglich wäre.

4. Die Abhängigkeit der Formen vom Gestein und seiner Lagerung.

Ziemlich früh hat man (in Deutschland namentlich *Cotta*) die Abhängigkeit der Formen vom Gestein erkannt und sogar zu ausschließlich in den Vordergrund gerückt; hat die Formen gleichsam als eine unmittelbare Eigenschaft des Gesteins aufgefaßt, die man nicht weiter erklären könne und müsse. Wenn wir diese Auffassung heute als einseitig und unzureichend empfinden und erkannt haben, daß die Formen mit Lagerungsverhältnissen und Klima wechseln, im Hochgebirge, in der Wüste, in der Steppe anders sind als bei uns, so bleibt

1) Zusammenfassend in den Düsseldorfer geographischen Vorträgen III. Teil S. 70.

doch, wie jede Beobachtung in der Natur zeigt, eine starke Abhängigkeit vom Gestein bestehen. Nur dürfen wir sie nicht einfach als Tatsache hinnehmen, sondern müssen sie aus der physikalischen und chemischen Zusammensetzung und der Struktur des Gesteines erklären. Mit der allgemeinen Unterscheidung von hart und weich, womit gar nicht wirkliche Härte oder Weichheit, wie sie sich etwa durch den Hammerschlag zu erkennen gibt, sondern überhaupt größere oder geringere Widerstandsfähigkeit gemeint ist, kommt man nicht durch. Die Untersuchung muß tiefer dringen. Manche Gesteine neigen durch ihre Struktur, namentlich durch Spaltenbildung, zu besonderen Absonderungsformen, die auch die Oberflächenformen beeinflussen; ich erinnere an die Säulen des Basaltes, die quaderförmige Absonderung vieler Sandsteine und Granite, die Schieferung des Gneißes und der kristallinen Schiefer. Je nach der chemischen Zusammensetzung ist die Verwitterung mehr Zerfall oder mehr Zersetzung, ihr Erzeugnis daher Schutt, Grus oder Lehm. Besonders wichtig ist die Durchlässigkeit des Gesteins und des Bodens, da je nachdem das Wasser oberflächlich abfließt oder im Boden bleibt oder im Gesteine versinkt, um erst über undurchlässigen Schichten wieder auszutreten. In undurchlässigem Gestein überwiegt die Abspülung; es entstehen mehr oder weniger gleichmäßig abgeschrägte, stellenweise von Runsen durchzogene Hänge, auf Hochflächen Dellen. In durchlässigem Gestein ist die Abspülung gering; dagegen werden die Hänge unterspült und brechen nach, gliedern sich in Felswände, die langsam rückwärts verlegt werden, und flache Fußhalden. Auch die Löslichkeit, durch die sich reiner Kalk von den meisten anderen Gesteinen unterscheidet, und die chemische Zersetzbarkeit sind wichtig. Für das Verständnis der Formen kommt es immer auf die Gesamtheit der Eigenschaften an. Je nach den Umständen hat ein Gestein verschiedene Formen, aber allen ist ein gemeinsamer Stempel aufgedrückt; innerhalb des gleichen Klimas kann man von einem Formenschatze des Granits, des Basaltes, des Schiefers, des Quadersandsteins usw. sprechen.

Im allgemeinen haben die Gesteine, wie sie die Petrographie unterscheidet, gleiche Eigenschaften und daher bei gleichen Vorgängen gleiche Formen; aber manchmal können kleine Unterschiede der Zusammensetzung, die in der petrographischen Terminologie verschwinden, in den Formen zu starkem Ausdruck kommen. So sind die Formen des Sandsteins je nach seinem Bindemittel ganz verschieden. Im Odenwald gibt es einen widerständigen Granit, der im allgemeinen Aufragungen bildet, und einen weniger widerständigen, der zu Einsenkungen neigt. Die Petrographie wird auch solche Unterschiede auf-

fassen und zum Ausdruck bringen können, wenn sie, mehr als bisher, an die Auffassung der Oberflächenformen anknüpft. Geringen morphologischen Wert haben die allgemeineren Gesteinsklassen, weil die Unterschiede der Entstehung und der morphologisch wichtigen Eigenschaften nicht Hand in Hand gehen; wie verschieden verhalten sich Ton und Sandstein, die im genetischen System dicht bei einander stehen!

Neben der petrographischen Beschaffenheit kommt es, immer bei gleichem Klima, auch auf die Lagerungsverhältnisse, die Neigung der Schichten usw. an, weil sich je nachdem den umbildenden Kräften verschiedene Angriffsflächen bieten. Der in der Natur beobachtende Morphologe wird diese Unterschiede bald auffassen lernen, wenn er erst seinen Blick dafür geschärft hat, wenn er durch die Schule der Geologie gegangen ist. Ohne solche Beobachtung wird die Forschung unsolid.

5. Die Abhängigkeit der Kleinformen vom Klima.

Der Abhängigkeit der Oberflächenformen vom Klima ist man sich erst spät bewußt geworden. Die Klimaunterschiede in den Kulturländern Mittel- und West-Europas sind meist nicht groß genug, um unmittelbar die Aufmerksamkeit auf die dadurch bedingten Formunterschiede zu lenken. Auch den größten Unterschied unserer Gegenden, nämlich den des Höhenklimas, hat man in seiner morphologischen Bedeutung lange übersehen, da man die Besonderheit der Hochgebirgsformen lediglich auf die Höhenunterschiede und die Steilheit der Hänge zurückführte.

Für die Auffassung der klimatischen Bedingtheit der Oberflächenformen sind die Untersuchungen im Wüstenklima bahnbrechend geworden. Zwar hatte *Richthofen* die Bedeutung des Windes im Trockenklima erkannt, aber da er nicht in der Wüste selbst, sondern in deren Nachbargebieten gereist war, hauptsächlich für die Staubabsätze in diesen gewürdigt. Die Oberflächenformen der Wüste als solche hat, auf Anregungen *Schweinfurths* fußend, zuerst *Johannes Walther* eingehend studiert; ihm sind bald eine Reihe anderer Forscher gefolgt, und auch er selbst hat seine Untersuchungen auf andere Wüsten ausgedehnt und in der ägyptischen Wüste von neuem geprüft und dabei die Übertreibungen seiner früheren Ansichten gemildert.¹⁾ Wir verdanken diesen Untersuchungen die große, nun auch auf andere

1) Die Denudation in der Wüste 1891 und später: Das Gesetz der Wüstenbildung. 4. Aufl. Jena 1924.

Klimagebiete auszudehnende Erkenntnis, daß mit dem Klima auch die Formen der festen Erdoberfläche andere werden, daß jedes Klima einen besonderen Formenschatz hat. Aber dabei ist eine Klippe der Erkenntnis nicht ganz vermieden worden. Als man sah, daß gewisse Formen in der Wüste auftreten, faßte man sie zu schnell als spezifische Wüstenformen auf (vgl. S. 15) und sprach dann die gleichen oder ähnlichen Formen in anderen Erdstrichen ohne weiteres als die Erzeugnisse eines früheren Wüstenklimas an. Eine Zergliederung des Bildungsvorganges zeigt jedoch, daß seine Bedingungen in einer Art von Konvergenz auch in anderen Klimaten erfüllt sein können, wenn nämlich das Gestein sehr durchlässig ist und es zu keiner Abspülung durch das Regenwasser kommen läßt, und wenn es als Sandstein weniger der chemischen Zersetzung als dem mechanischen Zerfalle ausgesetzt ist. Ähnlich wie in der Wirkung des Bodens auf die Pflanzenwelt können lithologische Fazies und Klima einander bis zu einem gewissen Grade vertreten; trockenes Klima und trockenes Gestein erzeugen ähnliche Formen.

Nachdem die Bahn gebrochen war, hat man auch in anderen Klimagebieten und nun auch in der gemäßigten Zone die Besonderheiten der Bildungsvorgänge und des Formenschatzes untersucht; den Untersuchungen *Passarges* aus den halbfleuchten Wüstensteppen und *Sappers* aus den feuchten Tropenländern sind andere Untersuchungen in den verschiedensten Ländern gefolgt. Aber der Betätigung der Geographen liegt hier noch ein weites Feld offen. Man kann die klimatisch-morphologische Untersuchung mit der der Bodenarten oder der Vegetation in verschiedenen Klimaten vergleichen, die ja auch erst seit wenigen Jahrzehnten in wissenschaftlicher Form eingesetzt hat. Aber wie sie heute schon große Fortschritte gemacht und die Verhältnisse wenigstens in den Umrissen festgestellt hat, wird bald auch die Physiognomie und Physiologie der Formen verschiedener Klimate ein gesichertes Ergebnis der Wissenschaft sein.¹⁾

Gerade hier stellt sich die Notwendigkeit geographischer Auffassung und ihre Gleichberechtigung mit der geologischen heraus. Insofern die Oberflächenformen Funktionen der Gesteine und ihrer Lagerungsverhältnisse sind, hat der Geolog, der in den Gesteinen lebt und webt, einen Vorsprung vor dem Geographen, für den die Kenntnis der Gesteine nur Hilfskenntnis ist. Bei der Auffassung der Abhängigkeit vom Klima verhält es sich umgekehrt: dieses ist dem Geographen, aber nicht dem Geologen vertraut. Es genügt nicht, einige Zahlen über die Mittel-

1) Eine Übersicht über den heutigen Stand unserer Kenntnis geben die Düsseldorf geographischen Vorträge, III. Teil: Morphologie der Klimazonen, Breslau, F. Hirt, 1927.

temperatur oder die Größe der Temperaturschwankungen oder die Regenmengen zusammenzuraffen, sondern man muß den ganzen Charakter des Klimas im Zusammensein und Zusammenwirken von Wärme und Niederschlägen und überhaupt aller klimatischen Faktoren auffassen und damit auch den Einfluß der Pflanzendecke und der Tierwelt verbinden, deren Eigenheit ja in ganz bestimmter Weise mit dem Klima zusammenhängt. Klimatologische Bildung ist für das Studium der Oberflächenformen ebenso notwendig wie petrographische.

Eine wichtige und dabei sehr umstrittene Frage ist es, inwieweit man bei der Erklärung von Kleinformen mit einem anderen Klima der Vergangenheit rechnen darf und muß. Für die Großformen besteht darüber kein Zweifel. Täler und Abtragungsflächen reichen in die Tertiärzeit oder noch weiter zurück. Nicht nur der Boden ganz Nord-Deutschlands stammt aus der Eiszeit, sondern auch die Täler der Alpen sind glazial umgebildet. Auch eine Steppenzeit hat ihre Gebilde hinterlassen. Aber die Kleinformen sind im allgemeinen Gebilde von geringerer Lebensdauer, und die letzten Jahrtausende haben im wesentlichen doch wohl ungefähr dasselbe Klima wie heute gehabt; größere Klimaänderungen liegen beträchtliche Zeit zurück. Darum sind hier Zweifel möglich, und die Meinungen gehen noch aus einander.

Daß manche Kleinformen der mitteleuropäischen Landschaft aus einem früheren Klima stammen, unterliegt keinem Zweifel. Die geschliffenen und geschrammten Felsen der Alpen und des norddeutschen Tieflandes, die Moränen, die eigentümlichen Sölle im Geschiebelehm u. a. sind sicher von der letzten, aber nur von der letzten, nicht von den älteren Vergletscherungen zurückgeblieben. Auch manche Schuttbildungen und Felsenmeere mögen periglazialen Ursprunges, d. h. als eine Wirkung des Bodenflusses (der Solifluktion) in dem rauhen und schneereichen Klima gebildet worden sein, das während der letzten Eiszeit am Rande des großen Inlandeises herrschte; aber warum sollen Blockhalden und Felsenmeere nicht auch in unserem heutigen Klima entstehen? Vielleicht sind in einer früheren Zeit auch die Bedingungen der Felsenbildung besonders günstig gewesen, und manche mögen aus jener Zeit erhalten sein; aber die Gründe, die *Obst* früher, bei seiner Untersuchung des Heuscheuergebirges, gegen die Fortdauer dieser Bildungsvorgänge in der Gegenwart angeführt hat, scheinen mir wenig stichhaltig zu sein.

Wenn somit die Erhaltung einzelner Kleinformen aus einer jüngeren geologischen Vergangenheit wahrscheinlich ist, so ist damit keineswegs gesagt, daß alle oder auch nur die meisten Kleinformen der

heutigen Landschaft Vorzeitformen sind, und daß heute die formenbildenden Vorgänge ruhen, wie *Passarge* und andere mit ihm meinen. Die geschichtlichen Beweise, die sie gegen deren Fortdauer anführen, stehen auf schwachen Füßen; im Gegenteil gibt es in Chroniken usw. recht viele Berichte über die Neubildung von Formen, und an menschlichen Bauwerken kann man die Umbildung durch Naturvorgänge unmittelbar beobachten. Auch in geschichtlicher Zeit, vor dem Beginne der modernen Forstwirtschaft, waren unsere Gebirge Jahrzehnte lang entwaldet und der Boden dem Wind und Wetter schutzlos preisgegeben. Die Winter der Gegenwart sind weniger streng als die der Eiszeit, aber streng genug, um Frostverwitterung hervorzurufen, und der Sommer ist warm und feucht genug, um chemische Zersetzung zu begünstigen. Die Kriechbewegung der gemäßigten Zone ist zwar schwächer als das Erdfließen der Polarzone; aber daß sie zusammen mit Ausspülung des Bodens ein beträchtliches Ausmaß der Bodenversetzung bewirkt, kann nach den sorgfältigen, in Waldgebieten angestellten Untersuchungen *Götzingers*, *Schmitthenners* u. a. trotz der Einwände *Passarges* kaum bezweifelt werden. Die Bodenkunde erklärt die Bodenbildung der Gegenwart aus deren klimatischen Bedingungen; da nun mit der Bodenbildung immer die Entstehung von Kleinformen Hand in Hand geht, kann man auch sie für die Gegenwart nicht leugnen. Wenn man das bei auffallenden Felsformen dessächsischen und schlesischen Quadersandsteins oder des Buntsandsteins der Pfalz auf ein ehemaliges Wüstenklima zurückführen zu müssen geglaubt hat, hat man der Gesteinsbeschaffenheit zu wenig Rechnung getragen und vergessen, daß ein bestimmtes Klima und eine bestimmte Gesteinsbeschaffenheit einander vertreten können, daß ein durchlässiges Gestein trocken ist wie das Gestein in der Wüste. Es ist ein Widerspruch, wenn *Walther*, der nach dem von ihm nicht gerade glücklich als „ontologische Methode“ bezeichneten Grundsatz für die Wüste kein feuchteres Klima gelten lassen will, und, ihm folgend, auch andere Forscher für Deutschland noch in junger Vergangenheit ohne weiteres ein Wüstenklima annehmen.

Man muß sich auch davor hüten, aus der Ineinanderschaltung verschiedener Formen sofort auf Änderung der allgemeinen Bedingungen zu schließen. Im algerischen Tell-Atlas und ähnlich in den Apenninen und in der Krim sieht man glatte Berghänge durch Regenschluchten zerrissen. Man hat daraus folgern wollen, daß jene einer älteren, diese einer jüngeren Bildungszeit angehören. Selbstverständlich sind die Schluchten an den einzelnen Stellen jünger als die glatten Hänge, in die sie eingefressen sind; aber wenn man darum eine jüngere Zeit der

Schluchtenbildung einer älteren der glatten Hangbildung gegenüberstellt, rechnet man zu wenig mit den unperiodischen und rein örtlichen Änderungen. Ein durch Abspülung und Kriechbewegung sanft abgedachter Hang kann nach einem heftigen Regenguß von Runsen und Tobeln zerrissen werden, um allmählich wieder auszuheilen. Im Laufe der Erosion verschieben sich auch die Flußläufe, und an einer Stelle, an die sich der Fluß nun herandrängt, kann Schluchtenbildung eingeleitet werden, während diese an einer anderen, von der er abrückt, zum Absterben kommt. Auf eine Änderung des Klimas darf man nur schließen, wenn alle Veränderungen der Gegend den gleichen Sinn haben, entweder nur in neuer Runsenbildung oder nur in Ausheilung und Ausglättung bestehen.

II. Die Entstehung der Täler.

1. Die Erosionsnatur der Täler.

Das Problem, an dem die morphologische Forschung in zweiter Linie eingesetzt hat, an dem sie zu ihrer heutigen Auffassung emporgestiegen, das lange Zeit ihr zentrales Problem gewesen ist, ist die Entstehung der Täler. Zwei Anschauungen haben mit einander gerungen. Im 18. Jahrhundert herrschte bei den Neptunisten eine allerdings sehr rohe Erosionstheorie, die mit großen Fluten arbeitete; dagegen gewann im 19. Jahrhundert im allgemeinen die Theorie der Plutonisten die Oberhand, nach der die Täler als klaffende Spalten bei der Hebung der Gebirge entstanden und nur im einzelnen durch das Wasser und die Kräfte der Verwitterung und Abtragung umgebildet worden sind. *Lyell* verwarf zwar die Spaltentheorie, nahm aber nicht *Huttons* und *Playfairs* Erklärung der Täler als Gebilde des fließenden Wassers auf, sondern sah in ihnen Gebilde des Meeres. Nur allmählich brach sich in England (*Greenwood* 1857, *Beete Jukes* 1862) die Anschauung Bahn, daß die Täler von den Flüssen selbst in einer Jahrtausende hindurch fortgesetzten Tätigkeit ausgewaschen seien. Aber es dauerte eine Reihe von Jahren, bis diese Anschauung auch auf dem Kontinent Boden gewann. Noch 1867 trat *Peschel* in einem glänzend geschriebenen Aufsätze, der seinen Neuen Problemen der vergleichenden Erdkunde einverleibt wurde, für die Spaltnatur der Täler ein. Es war jedoch ein Rückzugsgefecht und vermochte den Sieg der anderen Anschauung nicht aufzuhalten. Um dieselbe Zeit (1869) hatte *Rüttimeyer* in seinem Buche über Tal- und Seebildung die Erosionstheorie auch bei uns eingeführt.

Der erste Grund für die Spalten- und gegen die Erosionstheorie war offenbar das anscheinende Mißverhältnis zwischen der Größe der Täler und der Größe der Flüsse; sie schienen nicht im Stande zu sein, so große Hohlformen zu schaffen. Aber dieser Grund rechnet nicht mit der Zeit. Der Tropfen höhlt den Stein. Ein Fluß mit seiner lebendigen Kraft muß arbeiten und sein Bett einnagen; wenn wir ihm nur genügend lange Zeit gönnen, wird er ein Tal eingraben können. Und ein Fluß im Naturzustande, mit ungebändigten Überschwemmungen, gräbt und räumt zweifellos mehr als ein Fluß, der unter der meisternen Hand des Menschen steht. Er selbst braucht ja nur die Arbeit im Flußbett zu leisten; die Abschrägung der Hänge und damit die Verbreiterung der Täler ist Sache der Verwitterung und Denudation durch das spülende Wasser und andere Bewegungsvorgänge.

Oft sieht man die Täler tatsächlich an tektonischen Linien: Mulden, Verwerfungen, Gesteinsklüfte gebunden. Diese Beobachtung glaubte man verallgemeinern, klaffende Spalten auch da annehmen zu dürfen, wo man sie durch Beobachtung nicht feststellen konnte; klaffende Spalten etwa von der Art, wie sie sich beim Austrocknen einer Lehmfäche bilden, würden ja auch schwer zu beobachten sein. Es läßt sich nicht leugnen, daß gerade die eingehende Untersuchung in vielen Fällen das Vorhandensein von Spalten oder tektonischen Linien als Ursache der Talrichtung an Stellen wahrscheinlich gemacht hat, an denen man zunächst nicht daran gedacht hätte. Darum scheinen jetzt manche Geologen, wie namentlich *Deecke*, von der Erosionstheorie zur Spaltentheorie zurückkehren zu wollen. Aber sie unterliegen dabei einem Trugschlusse. Wenn eine Verwerfung oder eine andere tektonische Linie mit der Talrichtung zusammenfällt, beweist das wohl oder spricht wenigstens dafür, daß sie dem Gewässer die Bahn gewiesen hat. Aber es ist durchaus nicht gesagt, daß es eine klaffende Spalte war, die der Fluß ohne weiteres benutzen konnte; keinesfalls kann sie tief hinab gereicht haben, denn das heutige Tal mit seinen Windungen läßt nichts davon erkennen, sondern muß vom Flusse eingegraben sein. Im Elbsandsteingebirge sind die kleineren Schluchten an die Gesteinsklüfte gebunden, die eigentlichen, meist stark gewundenen Täler unabhängig davon. Eine besondere Stütze gewährten der Spaltentheorie die meist engen Täler, in denen der aus niedrigerem Lande kommende Fluß ein Gebirge oder eine Gebirgskette durchbricht. Sie bereiten der Erosionstheorie allerdings zunächst eine Schwierigkeit, die für *Peschel* bestimmend war, sich von ihr abzuwenden; aber wir werden später sehen, daß jene es verstanden hat, sich damit abzufinden.

Die Vertreter der Erosionsnatur der Täler berufen sich zunächst darauf, daß bei den meisten Tälern jedes Anzeichen einer Verwerfung oder überhaupt einer tektonischen Linie fehlt, daß die Spalten also meist keine beobachteten Tatsachen, sondern hypothetische Konstruktionen sind. Dagegen können sie die höhlende Kraft des fließenden Wassers als Beobachtungstatsache in Anspruch nehmen. Nach jedem Gewittergusse sehen wir das abfließende Wasser Rinnen eingraben, und in junge vulkanische oder andere Aufschüttungen sind oft nach wenigen Jahren wirkliche Täler eingeschnitten. Wenn das Wasser hier solche Arbeit leisten kann, warum sollte es in anderen Gesteinen nicht auch dazu im Stande sein? Die Arbeit ist wegen der größeren Härte des Gesteines langsamer, aber im Laufe der Zeit wird sie auch geleistet; zwingen uns doch die Erfahrungen der Erdgeschichte überhaupt dazu, mit großen Zeiträumen zu rechnen! Manche Talformen weisen deutlich auf Wasserwirkung hin. Beim Anblicke der alpinen Klammern kann man kaum zweifeln, daß sie vom Wasser eingesägt worden sind. Auch die Windungen der Täler, die je nach der Größe der Flüsse mehr oder weniger groß sind, mit dem auffallenden Gegensatze der Prallhänge auf ihrer äußeren und der Gleithänge auf ihrer inneren Seite, lassen sich nicht anders erklären. Bei klaffenden Spalten könnte ein großer Fluß eine enge Spalte, ein kleiner Fluß eine weite Spalte benutzen; tatsächlich hat ein großer Fluß immer ein großes Tal, ein kleiner Fluß ein kleines Tal, so daß die Größe des Tales der Größe und Arbeitskraft des Flusses entspricht. Große Flüsse haben meist eine schwach geneigte Talsohle, kleine dagegen großes Gefälle. Klaffende Spalten, die auf einander stoßen, könnten verschieden tief geöffnet sein; die in Wirklichkeit meist gleiche Höhe der Talsohlen, auf die schon *Heim* (1791) und etwas später *Playfair* als eine besonders bemerkenswerte Erscheinung hingewiesen haben, läßt sich nur durch die Erosion erklären. Ein auch dem Zweifler einleuchtender Beweis ist das häufige Vorkommen hoch gelegener alter Talböden, die von Flußschottern bedeckt sind; die Vorstellung, daß der Fluß in der Höhe geflossen sei, und daß sich dann unter ihm plötzlich eine Spalte geöffnet habe, ist doch gar zu unwahrscheinlich.

So liegt eine überwältigende Fülle von Beweisen für die Erosionsnatur der Täler vor: sie sind als Hohlformen von den Flüssen selbst geschaffen worden. Damit soll nicht gesagt sein, daß sie jeder Beziehung zum inneren Bau und insbesondere zu tektonischen Linien entbehren, wie man eine Zeit lang gemeint hat; in vielen Fällen scheint ihre Anlage durch tektonische Linien bestimmt worden zu sein. Aber eben nur ihre Anlage, nicht ihre Eintiefung: den Flüssen ist durch

sie die Richtung gewiesen worden, aber sie haben sich ihre Täler selbst in der angewiesenen Bahn eingegraben.

Somit dürfen wir das Gesetz aussprechen: die Täler sind die Werke der in ihnen fließenden Flüsse. Allerdings dürfen wir dabei als Tal nicht, wie es im täglichen Leben oft geschieht, jede länglich gestreckte Hohlform in der Landschaft verstehen, also etwa Gebilde wie die oberrheinische Tiefebene oder die Grabenspalte des Ghor als Tal bezeichnen; denn das sind tektonisch entstandene Gräben, die von den Flüssen nur benützt werden. Aber sie unterscheiden sich auch in ihrer Größe und ihrer Form von den eigentlichen Tälern. Diese haben neben der länglichen Form andere bezeichnende Eigenschaften, wie namentlich die gleichsinnige Neigung der Sohle. Wir haben die Wahl der Begriffsbestimmung; denn die Wissenschaft hat immer das Recht und die Pflicht, die aus dem Leben übernommenen Begriffe bestimmter zu fassen. Ich glaube, daß nur der Gebrauch des Wortes Tal im engeren Sinne es wissenschaftlich verwendungsfähig macht; denn wie wenig können wir von eigentlichen Tälern und von Gräben oder langgestreckten Mulden gemeinsam aussagen? Täler in diesem engeren Sinne sind Werke des fließenden Wassers, und es ist daher erlaubt, diese Entstehung in die Begriffsbestimmung aufzunehmen und die beschreibende in eine genetische Definition umzubilden.

In den meisten Gegenden der Erde finden wir echte Täler in unendlich großer Zahl; aber manchmal ist die Einordnung einer länglich gestreckten Hohlform unter den Begriff Tal zweifelhaft. Das Yosemiteal hat man lange für einen Graben gehalten und erst später als ein Glazialtal erkannt. Für das ägyptische Niltal steht es noch nicht mit Sicherheit fest, ob es ein breites Tal oder ein Graben ist. Von Regenrissen, die in einen Talhang eingeschnitten sind und die niemand als Tal bezeichnen wird, gibt es viele Übergänge zu wirklichen Tälern. Die häufig in Hochflächen eingesenkten flachen Dellen werden oft als Täler bezeichnet und gehen auch in solche über; aber abgesehen von ihrer Flachheit unterscheidet sie das Fehlen eines Talbodens von ihnen. Besondere Talformen finden sich in den Gebieten ehemaliger Vergletscherung und in den Wüsten.

Am Eingange dieses Kapitels habe ich auf die allgemeine Bedeutung der Entscheidung zwischen Spaltheorie und Erosionstheorie hingewiesen. Der Sieg der ersteren und damit die Verneinung größerer Wirkung des fließenden Wassers hätte bedeutet, daß die feste Erdoberfläche überhaupt fast ganz durch Kräfte des Erdinneren bestimmt wäre und die oberflächlichen Kräfte sie nur im kleinen und einzelnen umbildeten; die Morphologie ginge mehr oder weniger in

der Tektonik auf. Der Sieg der Erosionstheorie bedeutet zunächst nur die Entstehung der Täler durch die an der Oberfläche wirkende Kraft des fließenden Wassers; aber von hier ist es nur ein Schritt weiter zu dem Gedanken, daß die Landoberfläche auch sonst durch oberflächlich wirkende Kräfte stark umgebildet worden sei. Die Forschung hat einen starken Antrieb in diesem Sinne empfangen; sie ist diesem Antriebe gefolgt und hat in der Tat immer mehr die Größe der Umbildung durch oberflächliche Kräfte erkannt. Mit dem Siege der Erosionstheorie ist die Morphologie eine selbständige Disziplin gegenüber der Tektonik geworden.

2. Die Theorie der Erosion.

Bis hierher ist die Untersuchung der Täler im wesentlichen induktiv und zwar, da das Experiment dabei wenig in Betracht kommt, auf die Vergleichung der beobachteten Tatsachen begründet. Damit soll allerdings nicht gesagt sein, daß sie der deduktiven Gedanken ganz entbehrte, was auch bei der vollendetsten Induktion kaum je der Fall ist. Wenn man einmal auf den Gedanken gekommen ist, daß die Täler das Werk des fließenden Wassers seien, werden Vorstellungen über dessen Arbeitsweise immer zu Hilfe genommen werden; aber sie bleiben im Hintergrunde, und man kann wohl sagen, daß sie sich nur langsam entwickelt haben und sich ohne den Zwang der induktiven Erkenntnis nie entwickelt hätten. Denn der anscheinende Widerspruch zwischen der Größe des Werkes und der Kleinheit der Kraft, die ja nur durch die Länge der Zeit zu einem erheblichen Faktor wird, erschien den älteren Forschern und erscheint dem naiven Menschen noch heute viel zu groß, als daß er auf den Gedanken gekommen wäre, aus dem Anblicke des Flusses so große Arbeitsleistungen abzuleiten. Aber gerade der scheinbare Widerspruch hat es dann um so nötiger gemacht, den Vorgang genau zu studieren und sich ihn in allen Einzelheiten klar zu machen.

Den Ausgangspunkt dieser Deduktion mußte die Hydrodynamik, d. h. die Lehre von den Bewegungen des fließenden Wassers und von seinen Transportleistungen bilden. Die Brücke war nicht so leicht zu schlagen und ist vielleicht noch nicht ganz geschlagen; aber es ist mir nicht ganz verständlich, wie *W. Penck* sagen kann, daß die morphologische Forschung bisher die physikalische Methode vernachlässigt habe.¹⁾ Der Hydrodynamiker, d. h. der Wasserbautechniker, hat in erster Linie die Bewegung der Flüsse, wie sie heute sind, und

1) Wesen u. Grundlagen der morphologischen Analyse S. 66.

die Gestaltung ihrer Flußbetten im Auge, liefert dadurch aber auch die Grundlage für das Verständnis der in einer langen geologischen Entwicklung erfolgenden Entstehung der Täler. Die erste umfassende Theorie der Erosion hat der amerikanische Kordillerenforscher *Gilbert* gegeben; *Richthofen*, *Noë* und *Margerie*, *Penck*, *Philippson*, *ich* u. a. haben sie weiter ausgebildet und systematisch dargestellt. Auffallend wenig haben sich *Davis* und seine Schüler um deren Theorie bemüht, obgleich ihre ganze Deduktion von der Erosion des fließenden Wassers ausgeht; sie rechnen damit als mit einer bekannten, nicht weiter zu untersuchenden Tatsache. Auch in die Geologie hat die Theorie der Erosion bis vor kurzem wenig Eingang gefunden; sie macht sich die Art des Einschneidens und die Grenze der Erosionsarbeit oft nicht genügend klar und ist dadurch manchmal zu falschen Vorstellungen und Schlußfolgerungen gekommen, die sie bei einem Durchdenken der Theorie leicht hätte vermeiden können.

Auch heute enthält die Theorie noch eine Anzahl zweifelhafter Sätze, vor deren dogmatischer Anwendung man sich hüten muß. Sie muß mehr als bisher in jeder einzelnen Aufstellung mit der Wirklichkeit verglichen, durch induktive Betrachtung geprüft werden. Die meisten jüngeren Morphologen widmen sich dieser Arbeit solider Grundlegung zu wenig. Außer der Beobachtung in der Natur wird auch das Experiment mehr als bisher zur Prüfung der deduktiv gewonnenen Sätze dienen können.

Die deduktive Theorie der Erosion hat die Talbildung aus den Gesetzen der Bewegung des fließenden Wassers zu erklären; aber, muß man sofort hinzusetzen, nur soweit sie durch das Einschneiden des fließenden Wassers geschieht; denn die Gestaltung der Hänge und damit die Verbreiterung der Täler ist nicht dessen Werk, sondern das der Verwitterung und Denudation und muß für sich untersucht werden. Wir brauchen zunächst nur damit zu rechnen, daß die Erosion selten allein bleibt, sondern gewöhnlich Vorgänge der Verwitterung und Bodenbewegung auslöst, daß daher auch die Formen, die sie erzeugt, nur ausnahmsweise die volle Wirklichkeit sind, sondern sich meist sofort in Formen umwandeln, die aus der gemeinsamen Arbeit der Erosion und der Verwitterung und Denudation hervorgehen.

Die erste Frage ist nach der Art des Erosionsvorganges. Selbst sie ist noch nicht mit Sicherheit beantwortet, vielmehr bestehen in verschiedener Beziehung Zweifel. Im allgemeinen geht die Theorie der Erosion von der lebendigen Kraft des gleichmäßig fließenden Wassers aus, während *Brunhes* den Wirbelbewegungen, der *Erosion tour-*

billonnaire, nicht nur in Ausnahmefällen, in denen sie allgemein anerkannt ist, sondern überhaupt eine große Rolle zuweist. Die Erosionskraft eines Flusses wechselt zeitlich mit der Wasserführung. Für die Gesamtwirkung scheint hauptsächlich das Hochwasser maßgebend zu sein; aber ganz ohne Einfluß kann auch die Wasserführung des übrigen Jahres nicht bleiben, und Untersuchungen darüber wären auch von geographischer Bedeutung, weil der jährliche Gang der Wasserführung in verschiedenen Klimaten und bei verschiedenem Gestein verschieden ist. Eine schwierige und theoretisch wichtige Frage ist es, ob das Wasser sein Bett auch durch seine eigene Bewegung oder nur, wie man behauptet hat, mittels der an seinem Grunde mitgeführten Gerölle bearbeitet und umgestaltet; die starke Erosion am Niagarafall wenig unterhalb des Austrittes des Flusses aus dem Eriesee oder des Rheins am Rheinfall von Schaffhausen wenig unterhalb des Bodensees, also bald nach Ablagerung ihrer Gerölle im See, spricht gegen die ausschließliche Wirkung der Geröllführung.

Es ist natürlich eine laienhafte Vorstellung, die aber auch in wissenschaftlichen Arbeiten manchmal durchklingt, daß der Fluß wie ein Widderkopf gegen die Gebirgskette stoße, um sie zu durchbrechen; er schneidet vielmehr von der Oberfläche in die Tiefe. Gewöhnlich wird die Lehre vorgetragen, daß die Erosion unten einsetze und allmählich aufwärts schreite, hier also mittelbar sei. Sie ist von *Lyell* im Anblicke der tiefen Schlucht unterhalb der Niagarafälle ausgebildet worden und ist für Tafel- und Plateaulandschaften richtig: hier schleichen die Flüsse mit tragem Laufe in flachen Tälern hin, um dann plötzlich zu starker Erosion überzugehen und in ein tiefes Tal zu stürzen; manchmal können wir in diesem alte Talterrassen erkennen, in denen der ehemalige Plateaulauf erhalten ist. Aber in Gebirgen mit starker Neigung der ursprünglichen Oberfläche kann die Erosion auf der ganzen Abdachung unmittelbar und gleichzeitig einsetzen; denn der Fluß muß überall einschneiden, wo die Neigung der Oberfläche größer ist als sein Gleichgewichtsprofil, wo er also den vom Boden weggenommenen oder von der Seite gelieferten Schutt weiter führen kann. Man kann nach dem Gange der Erosion zwischen unmittelbarer und mittelbarer Erosion unterscheiden.¹⁾

Das fließende Wasser nagt sowohl am Boden wie an den Seiten des Flußbettes; der Fluß kann daher sowohl nach der Tiefe wie nach der Seite einschneiden, sein Bett immer tiefer eingraben und zugleich seitlich verlegen. Man findet oft die Meinung vorgetragen, daß diese

1) Vgl. meine sächsische Schweiz S. 62.

beiden Vorgänge auf einander folgen, der Fluß also zunächst nur in die Tiefe erodiere und die Seitenerosion erst einsetze, wenn die Tiefenerosion zum Stillstande gekommen sei, das Gleichgewichtsprofil hergestellt habe. In dieser Lage ist die seitliche Erosion besonders bemerkbar, weil sie im selben Niveau bleibt und eine breite Talsohle schafft; aber der Fluß muß auch schon während des Einschneidens nach der Seite arbeiten, kann darauf nicht etwa verzichten, um zunächst nur in die Tiefe zu arbeiten. Nur bei ganz geradlinigem Laufe fällt die seitliche Erosion weg, weil dann der Stromstrich in der Mitte liegt; wo eine Krümmung ist und der Stromstrich an das eine Ufer rückt, nagt der Fluß an der Seitenwand und zieht die Krümmung weiter aus. Diese Arbeit nach der Seite verbindet sich mit der in die Tiefe, der Fluß schneidet nicht senkrecht, sondern schräg abwärts ein, wie der Gegensatz der steilen Prallhänge an der äußeren und der flachen Gleithänge an der inneren Seite der Flußkrümmungen deutlich erkennen läßt.

Die Erosion besteht darin, daß der Fluß sein Bett aufreißt und das losgebrochene Gesteinsmaterial zusammen mit dem von der Verwitterung und Denudation gelieferten Schutte transportiert. Zwar lagert er in den Zeiten geringerer Wasserführung und an den Innenseiten der Flußkrümmungen, wo sein Lauf träge ist, auch ab, und manchmal überwiegt die Ablagerung überhaupt über den Transport; aber wo die Transportkraft ausreicht, um mehr Schutt wegzutragen, als in den Fluß gelangt, erodiert er. Die Erosionskraft des Flusses hängt demnach hauptsächlich von seiner Transportkraft ab, und die Theorie der Erosion ist darum auf deren Untersuchung aufgebaut.

Sie darf sich jedoch nicht mit der allgemeinen Unterscheidung größerer oder geringerer Transportkraft begnügen. Vielmehr muß sie zwischen der Größe der einzelnen transportierten Steine und der Gesamtmasse des transportierten Materials unterscheiden; jene hängt hauptsächlich vom Gefälle, diese von der aus Gefälle und gesamter Wassermenge des Flusses zusammengesetzten lebendigen Kraft des ganzen Flusses ab. Große Felsblöcke werden nur in schnellen Gebirgsflüssen bewegt. Am Boden ruhig fließender großer Ströme bewegt sich nur Sand und Schlamm; aber deren Gesamtmasse ist größer als die des von Gebirgsflüssen mitgeführten Gesteinsmaterials. Ein kleiner Gebirgsfluß muß starkes Gefälle haben, um den Schutt transportieren zu können, und stellt die Erosion ein, sobald das Gefälle nicht mehr dazu ausreicht. Ein großer Strom dagegen kann dank seiner Wassermasse den Sand und Schlamm weiter führen. Es macht nichts aus, wenn von den Talhängen einzelne große Blöcke hereinfallen und liegen bleiben; im Laufe der Zeit werden sie zerrieben und aufgebraucht.

An örtlichen Hindernissen, seien es besonders widerständige Gesteinsbänke, seien es Schuttkegel der Wildwässer, kommt das Einschneiden zeitweise zum Stillstand. Aber allmählich werden diese Hindernisse überwunden, und der Fluß schneidet weiter ein, bis bei gegebener Wasserführung sein Gefäll gerade ausreicht, um den hinein gelangenden Schutt wegzutragen. Zwar hört er nicht auf, sein Bett anzugreifen und einzuschneiden; aber das Einschneiden hält dann der Ablagerung gerade das Gleichgewicht, indem Erosion an der äußeren und Ablagerung an der inneren Seite von Flußkrümmungen einander gegenüber liegen, indem die beiden Vorgänge auch im Laufe des Jahres wechseln, so daß in der Zeit geringer Wasserführung wieder zugeschüttet wird, was bei Hochwasser eingengagt worden ist. Daß das Gefäll der Flüsse im umgekehrten Verhältnisse zur Wassermenge steht, tritt uns in der Natur als eine so allgemeine Tatsache entgegen, daß wir für jede Ausnahme nach einer besonderen Erklärung suchen. Daraus geht nicht nur hervor, daß die theoretische Ableitung richtig ist, sondern auch, daß sich die Flußläufe meist ziemlich schnell bis zu einem Zustande annähernden Gleichgewichtes eintiefen. An den verschiedenen Stellen des Flußlaufes geschieht das je nach Gesteinswiderstand und Schutzzufuhr in verschiedenem Tempo, der Gleichgewichtszustand wird hier früher, dort später erreicht; aber schließlich muß es auf dem ganzen Flußlaufe dazu kommen, obgleich, wie jeder Strombaukundige und jeder Schiffer weiß, auch träge Flüsse wahrscheinlich in Folge von Unebenheiten des Bodens immer noch wechselnde Geschwindigkeit haben.

Die Theorie des Gleichgewichtsprofiles ist den Wasserbauern seit langem bekannt und, worauf *Baulig* neuerdings aufmerksam gemacht hat, besonders von *Surell* bei seiner Untersuchung der alpinen Wildbäche erörtert worden. Später haben sie *Powell* und *Gilbert* unter der Bezeichnung: *Base level of erosion* sowie *A. Heim* entwickelt. Sie hat dann eine besonders scharfe Form durch *Philippson* bekommen, der dafür den Namen Erosionsterminante einführte.

Die Frage nach Lage und Gestalt des Gleichgewichtsprofiles ist nicht nur für die Auffassung der Talbildung, sondern der Abtragung der Landoberfläche überhaupt von sehr großer Bedeutung und muß darum noch etwas schärfer ins Auge gefaßt werden. In mehreren Punkten bestehen Meinungsverschiedenheiten.

Manche Forscher denken sich das Längsprofil des Flusses zwischen Ursprung und Mündung aufgehängt, so daß sich im Laufe der Erosion nur die Form des Profiles, aber nicht der Höhenunterschied ändere. Diese Auffassung ist theoretisch unmöglich und läßt uns auch bei

der Anwendung auf die Erklärung der Oberflächenformen, z. B. der Einsattelungen in einem Gebirgskamme, im Stich. Die Mündung der Flüsse, sei es der Meeresspiegel, sei es ein Binnensee, sei es eine Stelle des Versiegens oder der Versickerung des Flusses, und damit das untere Ende des Flußprofiles, also die Erosionsbasis nach dem von *A. Heim* eingeführten Ausdrucke, liegt fest, sofern sie nicht durch tektonische Vorgänge gehoben oder gesenkt wird. Der Ursprung der Flüsse dagegen und damit das obere Ende des Flußprofiles liegt nicht fest, sondern kann im Laufe der Zeit, bei der Abflachung des Profiles, durch den Vorgang der Erosion tiefer gelegt werden. Seine Höhenlage im Zustande des Gleichgewichtes ergibt sich aus der Lage der Erosionsbasis und der Form des Gleichgewichtsprofiles und ist von der ursprünglichen Landoberfläche unabhängig. Wenn es tiefer liegt als diese, kann sich der Fluß rückwärts weiter einschneiden und immer mehr Land in den Flußlauf einbeziehen; die Betrachtung der Talnetze wird uns zeigen, von wie großer Bedeutung diese rückwärts einschneidende Erosion ist. Wenn dagegen das obere Ende des Gleichgewichtsprofiles über der vorhandenen Oberfläche liegt, was in den Tafelländern der Fall sein kann, bleibt das Land von der Erosion verschont.

Da die Wassermenge der Flüsse, dank dem Überschusse des Regens über Verdunstung und Versickerung und dank den Nebenflüssen, im allgemeinen abwärts zunimmt, kann das Gefälle abwärts geringer sein, ist das Gleichgewichtsprofil also im allgemeinen konkav. Aber anders verhält es sich, wenn der Fluß in ein Trockengebiet tritt, in dem er keinen Nebenfluß mehr empfängt und die Verdunstung den Niederschlag übertrifft. Dann nimmt die Wassermenge ab, und das Gefälle muß größer sein, um die gleiche Transportkraft zu erzielen. Das Gleichgewichtsprofil wird konvex, und wenn der Fluß ganz versiegt, setzt er auch nicht im Meeresspiegel, sondern in beliebiger Höhe darüber oder auch darunter an.

Eine weitere Frage ist, ob das Gleichgewichtsprofil wirklich eine Terminante ist, d. h. ob die Erosion wirklich zu völligem Stillstande kommt, wie *Philippson* früher angenommen hat. Ich habe diese Frage bei der Untersuchung der sächsischen Schweiz (S. 96f.) verneint, und ähnlich hat es *A. Penck* in einem Vortrag über das Endziel der Erosion getan. Einerseits kann sich das Flußgebiet erweitern und dadurch die Wassermasse vergrößern, andererseits wird bei der fortschreitenden Abtragung der Gehänge die Schutzzufuhr geringer, der Fluß hat weniger zugeführten Schutt zu bewältigen und bekommt Kraft frei, um Material von seinem Boden aufzuheben und wegzutragen, also zu erodieren und sein Längsprofil abzuflachen, es asymptotisch der Horizontalen

zu nähern. Das ist wohl auch die Auffassung von *Davis*. Aber es ist nur eine Deduktion, die dazu dient, die Einebnung eines Landes zu erklären; eine induktive Untersuchung darüber, die an das Studium der Talsohlen anknüpfen müßte, fehlt meines Wissens noch. Es ist auch fraglich, ob diese Abflachung beinahe bis zur Horizontalen mehr als eine theoretische Möglichkeit ist, ob der Boden jemals so lange in Ruhe verharrt, daß ein solcher Zustand erreicht wird.

Im Gleichgewichtszustande arbeitet der Fluß nicht oder wenig in die Tiefe, sondern nur nach der Seite. Die Talsohle fällt ursprünglich mit dem Flußbette zur Zeit des Hochwassers zusammen und zeigt bei Flüssen mit großer periodischer Änderung der Wasserführung eine auffällige Terrassierung, indem die Talsohle des Niederwassers in die des Hochwassers eingesenkt ist. Durch die seitliche Erosion wird sie zuerst an einzelnen Stellen, besonders in weichem Gestein, allmählich aber auf die ganze Erstreckung hin verbreitert. Dabei scheinen die Flußwindungen oder Mäander, wie man sie nach dem kleinasiatischen Flusse gewöhnlich nennt, eine große Rolle zu spielen. Wir dürfen sie nicht mit *Honsell* auf das Bestreben des Flusses zurückführen, seinen Lauf zu verlangsamen; denn dieses teleologisch gedachte Streben müßte sich vorzugsweise bei schnellen Flüssen äußern, während tatsächlich nur langsam fließende, mehr oder weniger im Gleichgewichtszustande befindliche Flüsse Windungen anlegen, reißende Flüsse dagegen solcher entbehren. Ob ihre erste Anlage auf der Ablenkung durch irgendwelche kleine Hindernisse beruht oder aus einer Art pendelnder Bewegung des fließenden Wassers um die Strömungsachse hervorgeht (*Baschin*), mag dahingestellt bleiben; ist einmal eine Abweichung vom geraden Laufe entstanden, so wird sie durch die stärkere Erosion an der Außenseite der Krümmungen immer weiter ausgezogen, und die erste Windung scheint auch die Ausbildung weiterer Windungen zur Folge zu haben, so daß der ganze Fluß mäandrierenden Lauf bekommt. Die Größe der Windungen entspricht der Größe der Flüsse. Die Windungen sind nicht stationär, sondern rücken langsam abwärts. Dadurch wird auch der Boden zwischen ihnen eingeebnet, und es entsteht allmählich eine zusammenhängende breite Talsohle, deren Breite dem Ausschlage der Windungen entspricht. Wenn diese hinter der Breite des Talbodens zurückbleiben, so weist das vermutlich auf eine Verkümmernng des Flusses in Folge eines Klimawechsels oder einer Abzäpfung hin. Man wird nicht, wie es gelegentlich der Fall ist, wenn der Fluß, nach dem Ausdrucke *Spehmanns*, im Tale hin und her schlottert, die Möglichkeit abweisen können, daß sich der Talboden noch über

den Ausschlag der Windungen hinaus verbreiterte, oder daß sich die Flußachse nach einer Seite verschiebe; aber die dafür angegebenen Ursachen: Einfluß der Erdrotation, Herabgleiten auf weichen Schichten u. a., sind nicht recht einleuchtend.

Eine wesentliche Verbreiterung scheint im allgemeinen nur im Gefolge von Aufschüttung einzutreten, wenn sich das Land gegenüber dem Meeresspiegel oder dem Vorlande senkt oder umgekehrt dieses sich hebt und den Flußlauf staut, oder wenn sich die Wassermenge vermindert oder die Schutzzufuhr vergrößert.

Obgleich somit die Verbreiterung der eigentlichen Talsohle beschränkt ist, so kann doch, wie es scheint, der Fuß der Talhänge so abgeflacht werden, daß er für das Auge fast mit der Talsohle verschmilzt und schon bei einer geringen Niveauänderung oder selbst bei großem Hochwasser in diese einbezogen wird; vielleicht könnte man den Ausdruck *Talboden* in diesem weiteren Sinne zum Unterschiede von Talsohle gebrauchen. Aber die Breite eines solchen muldenförmigen Talbodens wird wohl immer beschränkt bleiben, und man wird weite Ebenen nicht ohne Beweis für Talböden nehmen dürfen.

Von den Flußmäandern zu unterscheiden sind die *Talmäander*, bei denen nicht der Fluß im Talboden mäandriert, sondern das ganze Tal gewunden ist, worauf die Talsporne und, als Folge von späteren Durchbrüchen, die Umlaufberge beruhen. Daß ihre Entstehung auf demselben Prinzip wie die der Flußmäander beruht, ist kaum zweifelhaft; aber die Frage ist, ob sie erst während des Einschneidens, etwa beim Auftreffen auf härteres Gestein, wie *Georg Wagner* es für das Nagoldtal annimmt, entstanden oder auf einem flachen Talboden angelegt worden sind und sich während des Einschneidens nur weiter ausgezogen haben. Schon *Ramsay* hat die letztere Auffassung vertreten, viele andere, auch ich, haben sie angenommen, und in der *Davisschen* Schule ist sie mehr oder weniger zum Dogma geworden; sie sieht in Talmäandern einen Beweis dafür, daß die Flüsse vorher im Gleichgewichtsprofil geflossen seien und sich jetzt im „zweiten Zyklus“ befänden. *Behrmann* meint sogar, daß sich beim Einschneiden eine Rückbildung vollziehe, da die jetzt schneller fließenden Flüsse ihren Lauf wieder gerade zu legen strebten. Die Entscheidung kann nur durch die Beobachtung gewonnen werden, die bisher erst an wenigen Stellen eingesetzt hat; wenn die Windungen erst während des Einschneidens entstanden sind, werden die oberen Ränder der Gleithänge zusammen eine mehr oder weniger gerade Linie bilden; wenn sie dagegen schon vorher angelegt waren, müssen sie gewunden sein. Noch wenig untersucht ist auch die Abhängigkeit der Talwindungen von der Streichrichtung der Schichten,

wie sie uns im rheinischen Schiefergebirge so deutlich entgegentritt, und von der Beschaffenheit des Gesteins, worauf für den Muschelkalk *Bach* schon 1853 hingewiesen, und was *Georg Wagner* aus der größeren Widerständigkeit gegen das Einschneiden in die Tiefe zu erklären versucht hat.

Bei der theoretischen Ableitung der Erosion werden im allgemeinen der innere Bau und die tektonische Oberfläche als bestehend vorausgesetzt. Man will damit selbstverständlich nicht zur Katastrophentheorie zurückkehren und den inneren Bau in einem gewaltigen Rucke, gleichsam in einem Tage, erfolgt sein lassen, sondern erkennt seine Entstehung als einen langsamen Vorgang an; aber man schreibt ihm immerhin größere Schnelligkeit als im allgemeinen der Erosion und Denudation zu, läßt ihn voraneilen, diese nachfolgen und nur in gewissen Ausnahmefällen, auf die ich später zu sprechen komme, gleichen Schritt damit halten. Aber neuerdings ist *Walther Penck* dieser Auffassung entgegengetreten. Erosion und Denudation halten nach ihm nicht nur in Ausnahmefällen, sondern im allgemeinen gleichen Schritt mit der Hebung des Gebirges, so daß sich das Tempo der Hebung in dem Grade der durch jene bewirkten Abtragung, namentlich in der Abschrägung der Hänge, ausspricht, daß flache Hänge langsamer Hebung, steile Hänge schneller Hebung entsprechen. Wenn ein Talhang oben steil und unten flach ist, also konkave Form hat, habe sich die Hebung verlangsamt; wenn er oben flach und unten steil ist, also konvexe Form hat, sei die Hebung schneller geworden. In jenem Falle spricht er von absteigender, in diesem von aufsteigender Entwicklung. Die Form der Hänge wird ihm ein diagnostisches Hilfsmittel zur Beurteilung der Intensität der Hebung. Es ist eine geistreiche und scharfsinnige Spekulation, die der zu früh verstorbene junge Forscher hinterlassen hat. Aber ist es mehr als eine Spekulation? Wird die Deduktion durch einen induktiven Nachweis gestützt? Ist die verschiedene Form der Hänge nicht vielmehr in der vom Gestein und auch vom Klima abhängigen Art der Denudation begründet? Die Hypothese ist jedenfalls vorläufig nicht genügend tragkräftig, um das Gebäude zu tragen, das *Walther Penck* darauf errichtet.

III. Talterrassen.

Einer der bedeutsamsten Züge in der Gestaltung vieler Täler sind die Talterrassen, d. h. wagrechte oder schwach geneigte Absätze an den Talhängen, manchmal nur leistenartig, andere Male von beträchtlicher Breite, manchmal sofort auffallend und ein wichtiger

Zug in der Physiognomie des Tales, andere Male nur dem geübten Blicke kenntlich, aber immer von großer Bedeutung für die Entstehung der Täler. Zum Unterschiede von dem Stufenbau im Längsprofile mancher, namentlich alpiner, Täler, hat man die längsgestreckten, das Querprofil bestimmenden Terrassen der Hänge als Seiten- oder Lateralterrassen bezeichnet. Nur mit ihnen hat es dieser Aufsatz zu tun. Auch sie sind von sehr verschiedener Art. Wir müssen unterscheiden, müssen uns der Diagnose oder, wie *Passarge* es mit einer medizinischen Bezeichnung ausdrückt, der Differentialdiagnose als Untersuchungsmethode bedienen.

Zweierlei Unterschiede treten uns entgegen. Der erste bezieht sich auf die Beschaffenheit der Terrassen. Viele bestehen aus dem anstehenden Gestein der Talhänge und sind nicht oder nur dünn mit Geröll bedeckt; es sind Felsterrassen. Andere dagegen sind in großer Mächtigkeit aus Schottern aufgebaut, die bis zum Talboden herabreichen oder doch erst in erheblichem Abstände von ihrer Oberfläche auf anstehendem Gestein aufruhend; es sind Schotterterrassen. Schwieriger aufzufassen, aber genetisch noch bedeutsamer und gegenüber der Unterscheidung von Fels- und Schotterterrassen primär ist ein zweiter Unterschied, der uns bei den Felsterrassen entgegentritt. Die einen, die oft mit Geröllen bedeckt sind, laufen, ähnlich wie die Oberflächen der Schotterterrassen, ungefähr dem Talboden parallel, durchschneiden dagegen die Schichten, wenn diese nicht zufällig denselben flachen Neigungswinkel wie der Talboden haben, und zeigen keine Beziehung zu ihnen; dieser Art sind, um nur wenige Beispiele zu nennen, die Terrassen der alpinen Täler, wie sie uns *Rütimeyer* kennen gelehrt hat, oder die Terrassen des Rheintals im rheinischen Schiefergebirge. Die anderen haben mit dem Talboden nichts zu tun, sondern sind mehr oder weniger stark gegen ihn geneigt, fallen dagegen meist mit bestimmten Schichten oder anderen im Gebirgsbau gegebenen Flächen zusammen. In kleinem Maßstabe sind sie außerordentlich häufig, in größerem seltener, weil sie in großem Maßstabe nur bei mäßiger Schichtenneigung auftreten können; als Beispiel nenne ich die talaufwärts einfallende Terrasse des Neckartales bei Heidelberg. Wir haben leider keine nur auf Merkmale der Beschreibung gegründete Bezeichnung für die beiden Arten der Felsterrassen; aber ihre verschiedene Entstehung liegt auf der Hand, und wir können uns daher gleich der genetischen Ausdrücke bedienen. Jene sind alte Talböden, entsprechen einem Stillstande der Erosion, bei dem diese einen breiten Talboden schuf; sie können darum als Erosionsstillstandsterrassen oder einfach als Erosionsterrassen bezeichnet werden.

Diese haben mit der Erosion nichts zu tun, sondern sind durch Verwitterung und Denudation ausgearbeitet und heißen darum Verwitterungs- oder Denudationsterrassen. Meist kann man sie ohne weiteres unterscheiden; aber manchmal sind Verwechslungen möglich. Wenn die Schichten ungefähr wagrecht liegen, werden die Denudationsterrassen gleichfalls ungefähr wagrecht verlaufen und sich von alten Talböden wenig unterscheiden. So hatte *Dutton* die Esplanade am oberen Rande des Coloradocañons für eine Erosionsterrasse oder einen alten Talboden gehalten, während sie *Davis* neuerdings für eine Denudationsterrasse erklärt hat. Andererseits können steil geneigte Terrassen als alte Talböden aufgefaßt werden, wenn man nachträgliche Gebirgsstörung annimmt. So faßt *Heim* die schwach aufwärts geneigten Terrassen am Zürichsee als alte, später aufgerichtete Talböden auf und begründet darauf seine Ansicht über dessen Entstehung durch Hebung des Vorlandes, während *Brückner* meint, daß sie an bestimmte Schichten gebunden, also Denudationsterrassen seien und mit einer Hebung nichts zu tun hätten.

So müssen wir drei Klassen von Terrassen unterscheiden: Verwitterungs- oder Denudationsterrassen, alte Talböden oder Erosionsterrassen und Schotterterrassen, deren Oberflächen gleichfalls alte Talböden, aber von anderer Art, sind.

Die Denudationsterrassen verdanken ihre Entstehung verschiedenem Maße der Abtragung durch Verwitterung und Denudation. Dieser Unterschied entspringt aus der verschiedenen Widerständigkeit des wagrecht lagernden Gesteins, wobei es weniger auf die Härte im physikalischen Sinne des Wortes als auf die Durchlässigkeit für das Wasser und auf die Art der Denudation ankommt. Wenn die Schichten steil geneigt sind, oder wenn verschiedene Gesteine, wie bei Eruptivgängen, senkrecht neben einander stehen, entsteht keine Terrassierung, sondern ein Wechsel im Längsprofil von vortretenden steilen Riffen und zurücktretenden flachen Hängen, wie man ihn z. B. in den Tälern des rheinischen Schiefergebirges deutlich beobachten kann. Nur bei mehr oder weniger wagrechter Lagerung der Schichten kommt es zu eigentlicher Terrassierung, deren häufigste Ursache das Auftreten von Quellhorizonten über undurchlässigem Gestein ist.

Die Art der Terrassierung ist verschieden. Manche Terrassen erreichen beträchtliche Breite, andere sind nur schmale Leisten im Gehänge. Manchmal liegen viele Terrassen über einander. So sind die Felswände der sächsischen Schweiz oft in der auffallendsten Weise

terrassiert, wahrscheinlich weil häufige geringe Wechsel in der Zusammensetzung des Gesteins das Heraustreten des Sickerwassers und damit die Untergrabung der Felswände mehr oder weniger begünstigen. In anderen Fällen, wenn z. B. tonige Schichten von mächtigen Massen von Kalk oder Sandstein überlagert werden, sind nur einzelne große Terrassen ausgebildet. Eine Zwischenstellung nimmt die Terrassierung im schwäbischen Keuper mit seiner mehrfachen Wechsellagerung von Ton und Sandstein ein. Besonders ausgeprägt sind die Terrassen, wo an einem Talhange Schichttafeln über Rumpfflächen des Grundgebirges liegen. Jene sind meist stärker abgetragen als diese und springen daher im Talhange zurück.

Eine besondere Art der Denudationsterrassen sind die Terrassen am oberen Rande der Hänge mancher Alpentäler, auf die *Ed. Richter* aufmerksam gemacht hat. Sie scheinen durch das Zurückweichen der Kare entstanden zu sein, sind also nicht an einen bestimmten Gesteins-, sondern an einen klimatischen Horizont gebunden; andere Forscher sehen hier allerdings alte Talböden.

Ist schon der Mechanismus der Ausbildung der Denudationsterrassen im einzelnen noch nicht ganz klar, so tut bei den Erosionsterrassen eindringendes Einzelstudium noch viel mehr not. Sie sind Felsflächen, meist mit aufgelagerten Schottern. Die Geographen wenden jenen, die Geologen diesen die Hauptaufmerksamkeit zu; denn jene sind mehr gewöhnt und geübt, die Formen zu zergliedern, diese, mit dem Hammer zu arbeiten und das Gestein zu prüfen. Aber eine zu weit gehende Arbeitsteilung ist ungesund und führt zu mangelhaften Ergebnissen. Es erscheint mir als eine fast krankhafte Einseitigkeit, wenn ein Forscher sich bewußt auf die eine der beiden Untersuchungsmethoden beschränkt; sichere Erkenntnis ist nur durch ihre Verbindung zu gewinnen. Der morphologisch arbeitende Geograph muß sich die Fähigkeit aneignen, verschiedene Gerölle auseinanderzuhalten und unter Umständen ihre Herkunft zu bestimmen, wobei er in schwierigen Fällen den Geologen zu Hilfe rufen mag. Umgekehrt muß sich der Geolog, der bei seinen Aufnahmearbeiten auch die Terrassen berücksichtigt, Sinn für die Auffassung der Oberflächenformen aneignen und sich mit den Gesetzen ihrer Ausbildung vertraut machen; sonst passiert es ihm zu leicht, daß er jedes am Hange liegende Geröll für eine besondere Terrasse nimmt oder Felsterrassen und Schotterterrassen verwechselt, daß er die lediglich an einer Stelle aus irgend welchen Gründen ausgebildeten und die großen durchgehenden Terrassen, die eigentlichen alten Talböden, nicht auseinanderhält.

Solche Talterrassen hat zuerst *Rütimeyer* im Reuß- und im Tessin-tal untersucht und als die Reste alter Talböden erkannt, die der Fluß in einer Ruhepause der Hebung des Gebirges gebildet, und in die er sich dann in rückwärts schreitender Erosion, durch Zurücklegung der Erosionsstrecken oder Gefällsteilen (*Sölch*), wieder eingeschnitten hat. Es mag dahingestellt bleiben, ob seine Auffassung gerade dort ganz richtig ist; aber der Weg der Untersuchung und Auffassung war damit vorgezeichnet. Man erkannte ihre Bedeutung für die Bildungsgeschichte der Gebirge und sprach von Perioden der Erosion. Es war nur ein anderer und kaum besserer Ausdruck, keine sächlich neue Erkenntnis, wenn *Davis* die Bezeichnung: Zyklen der Erosion einführt, die auf einen Kreislauf hindeutet.

Die Talsohlen, die durch die Verlegungen des Flußlaufes im Gleichgewichtsprofile entstehen, müssen im Querschnitt wagerecht und vom Seitengehänge abgesetzt sein; aber in den Talterrassen treten uns nicht nur die eigentlichen Talsohlen, sondern die Talböden im weiteren Sinne (s. S. 35) entgegen, die auch die ganz abgeflachten Fußstücke der Hänge umfassen. Auch nachträglich sind sie durch Schutzzufuhr im hinteren und Abspülung im vorderen Teil weiter abgeschrägt worden, wobei aber immer ein deutlicher Gefällsbruch gegen den unteren Steilhang bestehen bleibt. Wegen dieser Abschrägung ist die ursprüngliche Höhe der Terrassen meist schwer zu bestimmen; man nimmt dafür oft unbesehen den unteren Rand der heutigen abgeschragten Fläche; aber sie muß in Wahrheit meist höher gesucht werden. In den meisten Alpentälern kommt noch die Umarbeitung und Abschrägung durch die Gletscher hinzu; die dortigen Talterrassen sind kaum noch als Gebilde der fluviatilen Erosion anzusehen.

Die alten Talböden sind nie vollständig erhalten; sie werden nicht nur durch die Nebentäler unterbrochen, sondern setzen meist, aber nicht immer, auch auf der äußeren Seite der Talkrümmungen aus, weil die nach dieser Seite vordringende Erosion sie zerstört hat. Der alte Talboden muß also aus einer Anzahl von Stücken zusammengestellt werden, was bei der besprochenen nachträglichen Abschrägung nicht immer leicht ist; daraus erklärt es sich, daß die alten Talböden z. B. des Reußtales von *Rütimeyer*, *Heim*, *Bodmer*, *Brückner* u. a. so verschieden rekonstruiert worden sind. Jedes Stück Erosionsterrasse muß einmal Talboden gewesen sein; aber es braucht nicht in allen Fällen zu einem weithin verfolgbaren zusammenhängenden Talboden gehört zu haben. In den heutigen Tälern sehen wir doch oft an einzelnen Stellen, auch wenn im allgemeinen ein Talboden fehlt,

etwa auf der inneren Seite von Flußkrümmungen oder oberhalb von Flußriegeln, ebene Talweitungen; beim Einschneiden des Flusses können sie als örtliche Terrassen erhalten bleiben. So lassen sich im Moseltal unterhalb Trier nur wenige durchgehende Terrassen verfolgen, während dazwischen zahlreiche örtliche Terrassen auftreten. Auch in vielen anderen Gegenden wird die Zahl der Terrassen bei einer solchen Unterscheidung sehr herabgemindert werden. Nur die großen durchgehenden Terrassen, die sich aus den Haupttälern auch in die Nebentäler erstrecken, entsprechen allgemeinen Stillstandsperioden der Erosion und haben für die Bildungsgeschichte der Gebirge größeres Interesse.

Sehr befremdend ist, wie *Eduard Richter* in seinen morphologischen Untersuchungen aus den Hoch-Alpen betont hat, die große Breite der alten Talböden in vielen Alpentälern, wie sie sich aus dem Abstände der auf beiden Seiten liegenden Terrassen ergibt. Aber sie ist zum Teil wohl nur scheinbar; die alten Talböden waren gewunden, und gerade die äußersten Windungen sind beim neuen Einschneiden am ehesten verschont worden und rufen nun, wenn man sie unmittelbar verbindet, den Eindruck eines riesig breiten Tales hervor. Nur durch eingehende, vielleicht überhaupt nur noch in wenigen Fällen durchführbare Untersuchungen kann man die alten Talböden im einzelnen feststellen und über ihre Breite ein sicheres Urteil gewinnen. Wenn *Sölch* meint, die Talböden, je älter sie sind, um so weiter flußaufwärts verfolgen zu können, so bedarf das weiterer Prüfung. Manche Einbnungen, die als alte Talböden angesprochen worden sind, deren Breite aber in der Tat sehr befremdlich ist, werden von anderen Forschern vielmehr für Karplatten (s. o. S. 39) gehalten.

In den durchgehenden Terrassen gibt sich immer der Wechsel eines Stillstandes der Tiefenerosion mit Verbreiterung der Talböden durch seitliche Erosion und neuen Einschneidens zu erkennen. Jedenfalls weisen sie immer auf einen Wechsel der Erosionskraft hin. Er kann in vermehrter Wasserführung oder in verringerter Schutttzufuhr, also in einem Klimawechsel, seinen Grund haben; aber in einem feuchten Klima, wo es sich nur um mäßige Schwankungen der Regenmengen handelt, reichen Klimaänderungen kaum aus, um zur Bildung von Terrassen zu führen. Auch die Vermehrung der Wassermenge durch Anzapfung eines bisher selbständigen Flusses kommt nur ausnahmsweise in Betracht. Im allgemeinen wird die von *Rüttimeyer* gegebene Erklärung richtig sein, die man ziemlich allgemein angenommen hat, und die auch *Davis* seiner Auffassung zu Grunde legt, daß die Eröffnung einer neuen Erosionsperiode die

Folge neuer Hebung ist, daß also Erosionsterrassen als Merkmale unterbrochener Hebung anzusehen sind. Die Verfolgung der Erosionsterrassen über weite Gebiete ist das beste, wenn nicht das einzige Mittel, um die Form der in der Lagerung der Schichten nicht mehr erkennbaren allgemeinen Hebungen oder Aufbiegungen, ihre räumliche Beschränkung auf einzelne Gebirge oder ihre Ausdehnung über Gebiete von verschiedenem Bau festzustellen; sie ist daher, merkwürdigerweise erst in der jüngsten Zeit, eine wichtige Arbeitsmethode der Geotektonik geworden.

In den Schotterterrassen bedeckt nicht nur eine dünne Lage von Geröllen den flachen Felsboden, sondern haben die Schotter große Mächtigkeit. Wie die Ebenheit ihrer Oberfläche beweist, stellen sie gleichfalls alte Talböden dar, die vom Flusse zerschnitten worden sind. Aber diese Talböden können nicht lediglich durch Seitenerosion während eines Stillstandes des Einschneidens, sondern müssen durch Aufschüttung entstanden sein. Deren Art und Ursache sind jedoch zweifelhaft. *Penck* hat zuerst die weit ausgebreiteten und sehr mächtigen Glazialschotter im Vorlande der Alpen und in den Alpentälern, besonders im Inntal, untersucht. Er sah die vermehrte Schuttfzufuhr durch die vorrückenden, stark erodierenden Gletscher und die Unfähigkeit der Gletscherflüsse, diese Schuttfzufuhr zu bewältigen, als die Ursache der Schotterbildung an. In den Zeiten geringer Schuttfzufuhr, also in den Zwischeneiszeiten und in der Nacheiszeit, hätten sich die Flüsse wieder in die Schotter eingeschnitten. Obgleich er für das Mittelgebirge des Innates die Erklärung später abgeändert hat, wird sie vielfach doch wohl zu Recht bestehen. Als *Sievers* in der Kordillere von Merida große Schotterterrassen fand, hat er die *Pencksche* Erklärung ohne weiteres darauf übertragen, weil er auch dort Beweise ehemaliger Vergletscherung gefunden hatte. Aber er hat dabei nicht die Vorsicht beobachtet, die man bei der Übertragung einer Hypothese von einer Gegend auf die andere immer beachten muß, hat zu sehr außer Acht gelassen, daß sich die Terrassen viel weiter abwärts erstrecken, als der Gletscherschutt transportiert worden sein kann, und daß sie hier sogar ihre größte Mächtigkeit erreichen. Ich hatte dieselbe Art von Schotterterrassen in noch gewaltigerer Ausbildung in der Kordillere von Bogotá: bei Fusagasugá, zwischen Tocaima und La Mesa, das der Lage auf einer solchen Schotterterrasse seinen Namen „der Tisch“ verdankt, und an vielen anderen Stellen beobachtet.¹⁾ Sie treten hier großenteils an Stellen auf, wo an einen Zusammenhang

1) Die Kordillere von Bogotá (Pet. Mitt. Erg.-H. 104), S. 45 ff.

mit alten Gletschern gar nicht zu denken ist, und gehören nur ausnahmsweise der Hochregion, in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle vielmehr den mittleren und unteren Höhenstufen etwa von 1900 m abwärts bis weit in die *Tierra caliente* hinein an. Namentlich im Tale des Rio Bogota zwischen La Mesa und Tocaima kann man mehrere Systeme von Schotterterrassen unterscheiden, von denen die untere, wenigstens manchmal, nicht durch Erosion aus der oberen herausgeschnitten, sondern eine neue Aufschüttung zu sein scheint, so daß zwei Perioden der Aufschüttung die Talbildung unterbrochen hätten. Man kann zur Erklärung an Klimawechsel, etwa an die Einschaltung von Trockenperioden, denken; aber da die Terrassen auf Quertäler beschränkt sind und größtenteils oberhalb von Gebirgsriegeln liegen, ist die Entstehung durch Stauung der Flisse in Folge von Hebung oder Faltung wahrscheinlicher. Leider war es mir nicht vergönnt, zu untersuchen, ob sich die Schotterterrassen über den Rand des Gebirges hinaus fortsetzen, was bei der Erklärung aus einem Klimawechsel der Fall sein müßte. Gleiche oder vielmehr scheinbar gleiche Erscheinungen können eben verschiedene Ursachen haben; man darf eine Erklärung, die sich in einer Gegend bewährt hat, nicht unbesehen auf eine andere übertragen, vielmehr ist immer von neuem sorgfältige Einzeluntersuchung erforderlich.

Die drei Typen von Terrassen haben, der Verschiedenheit ihrer Entstehung entsprechend, verschiedene Verbreitung. Die Denudationsterrassen treten als Folge über einander liegender Unterschiede in der Widerständigkeit des Gesteines auf. Die Erosionsterrassen scheinen hauptsächlich an erneute Hebungen des Gebirges an Stillstandsperioden der Erosion geknüpft zu sein. Die Schotterterrassen beruhen auf Änderungen der Wasserkraft, die sowohl in Änderungen des Gefälles wie der Wassermenge, also ebensowohl in tektonischen wie in klimatischen Veränderungen, begründet sein, also in sehr verschiedenen Gegenden auftreten können.

Ein eingehendes Studium der Talterrassen eröffnet weite Perspektiven für die Auffassung der Entstehungsgeschichte der Landoberfläche überhaupt. Die Denudationsterrassen sind ein Anfangszustand der großen Landterrassen, die uns in den Stufenlandschaften entgegen treten werden.¹⁾ Die Erosionsterrassen können der Anfangszustand von Rumpfflächen oder Fastebenen im *Davisschen* Sinne sein. Auch die

1) *W. Penck* hat etwas flüchtig gelesen, wenn er (*Morphologische Analyse*, S. 146) behauptet, daß meine Landterrassen und die gesimseartigen Denudationsterrassen der Täler identisch seien.

Schotterterrassen wiederholen sich in großem Maßstabe in zerschnittenen Hochflächen wie z. B. der schweizerischen oder der schwäbisch-bayerischen Hochebene und sind der Ausgangspunkt für das Verständnis der „Schachtellandschaft“ *Klüpfels*, der damit die in und über einander gelagerten Tal- und Oberflächenformen verschiedener Zeiten versteht. Die verschiedenartigen Einebnungen ganzer Länder sind, wie wir sehen werden, oft schwer zu unterscheiden, und ein Hauptunterscheidungsmerkmal besteht gerade darin, ob sie sich an Denudations- oder an Erosionsterrassen anschließen.

IV. Alter und Form der Täler.

1. Alter und Entwicklungsstufe.

Es ist kein neuer Gedanke, daß verschiedene Stücke der Erdoberfläche verschiedenes Alter haben, verschieden lange Zeit der Einwirkung der umbildenden Kräfte unterliegen und infolgedessen verschiedene Züge zeigen. Er mußte sich der Forschung von dem Augenblicke an aufdrängen, in dem die Entwicklungstheorie den Sieg über die Katastrophentheorie davontrug. Wenn die wirkliche Erdoberfläche nicht die unmittelbar im inneren Bau gegebene tektonische Oberfläche, sondern aus ihr durch die Einwirkung äußerer (exogener) Kräfte hervorgegangen ist, und wenn diese Vorgänge nicht einmalige, katastrophenartige Ereignisse von der Art der Sündflut sind, sondern wenn die gewaltigen Beträge der Umbildung und Zerstörung auf der langen Dauer und der Summierung der Arbeit der kleinen Kräfte beruhen, die heute an der Erdoberfläche wirken, so muß das Maß der Umbildung und Zerstörung von der Länge der verfloßenen Zeit abhängen.

Aus diesen Gedanken heraus hat man schon bald auf mancherlei Weise eine Zeitbestimmung der umbildenden Kräfte und damit eine Altersbestimmung der durch sie geschaffenen Formen zu gewinnen versucht. Englische Forscher, ihnen voran *Lyell* und *de la Bèche*, stellten Beobachtungen über das Tempo des Zurückweichens der Klippen an den Küsten an. *Lyell* suchte das Zurückschreiten der Niagarafälle zu messen und danach die Zeit zu bestimmen, die sie gebraucht haben, um die unterhalb der Fälle gelegene Schlucht einzunagen, sowie die Zeit, die sie noch brauchen, um sich bis zum Eriese zurückzuschneiden. *Rütimeyer* und *Heim* untersuchten die Dauer der Sedimentationsvorgänge, z. B. der Deltabildung der Reuß im Vierwaldstättersee. Der Norweger *Kjerulf* schrieb eine Abhandlung über

die Chronometer der Geologie. Neuerdings hat der Schwede *de Geer* durch Zählung der Schichten des sog. Bändertones sowie der Einschnürungen der Osar die seit dem Rückzuge der Vereisung verfllossene Zeit bestimmt. Auch durch die Beziehung geologischer Vorgänge und Ereignisse, wie der Eiszeit, auf bestimmte astronomische Verhältnisse sucht man zu Zeitbestimmungen zu kommen. Allerdings haben diese Versuche, mit Ausnahme der auf die jüngste geologische Vergangenheit beschränkten Untersuchungen *de Geers* und seiner Nachfolger noch keinen vollen Erfolg gehabt; noch immer können wir das Alter aller vor der geschichtlichen Erinnerung oder wenigstens vor dem letzten Rückzuge des nordischen Eises liegenden Vorgänge oder Zustände nur im Verhältnis zu anderen Vorgängen und Zuständen, namentlich zum Auftreten charakteristischer Tiere und Pflanzen, bestimmen, sie in die geologischen Perioden oder Formationen einordnen. Das ist, was wir geologisches Alter nennen.

Man kann den Gedanken auch in anderer Richtung verfolgen. Wenn die Vorgänge der Umbildung fort dauern und die Erdoberfläche fortschreitend umgestalten, müssen die durch sie geschaffenen Formen in jedem Augenblicke anders sein als im vorangehenden und sich immer weiter von der ursprünglichen oder tektonischen Oberfläche entfernen, bis diese schließlich einmal ganz zerstört sein wird. Man kann daraufhin Entwicklungsstufen unterscheiden und Entwicklungsreihen aufstellen. Diese Umbildung und Zerstörung verläuft aber nicht überall im gleichen Tempo, sondern je nach der Kraft der Vorgänge und der Größe der Widerstände schneller oder langsamer; je nachdem wird die gleiche Entwicklungsstufe in kürzerer oder längerer Zeit erreicht, hat ein geringeres oder größeres absolutes und geologisches Alter. Für viele Betrachtungen kann man die Verschiedenheit der Zeitdauer als ziemlich gleichgültig bei Seite lassen und sich an die Entwicklungsstufe halten.

Auch diese Gedankenreihe ist seit langem verfolgt worden. Überall in der Literatur seit *Desmarest*, der in seinen Studien über die Vulkane der Auvergne die verschiedenen Formen der Vulkane als verschiedene Stadien der Umbildung auffaßte, finden sich Bemerkungen in dieser Richtung. Namentlich für die Auffassung der Täler hat der Gedanke durch die Lehre vom Gleichgewichtsprofil eine bestimmte Form angenommen, insofern steile und unregelmäßig geneigte Talsohlen als anfängliche, flache und gleichmäßig geneigte als weiter fortgeschrittene Entwicklungsstufen erscheinen. Bei der Bildung von Landstufen hat man die Entwicklung von einzelnen rückwärts einschneidenden Tälern bis zur Zerstörung über die Fläche verfolgen können,

von der nur einige Zeugenberge verschont bleiben. Auch für die Auffassung ganzer Gebirgskörper oder überhaupt Landschaften wurde der Gedanke wichtig, als man den großen Betrag der Abtragung erkannte. Im Gegensatze zu der älteren Auffassung, daß die Hochgebirge die ältesten Gebilde seien, wiesen *Heim* und andere nach, daß im Gegenteil nur jugendliche Gebirge hoch aufragen könnten, alle älteren dagegen abgetragen seien. Für verschiedene Gebirgstypen stellte man Umwandlungsreihen auf, so *Gilbert* am Beispiele der Henry Mountains für die Lakkolithe (1877), *Sueß* und *Reyer* am Beispiele der Euganeen für die eigentlichen Vulkane (1884).

Aber die Auffassung des Alters oder der Entwicklungsstufe trat an Bedeutung für die Erkenntnis der Oberflächenformen hinter der Auffassung des inneren Baus und der Art der umbildenden Kräfte zurück. Dagegen hat sie *Davis* seit 1884¹⁾ in den Vordergrund gerückt. „Die Zeit (*Time*)“, sagt er in dem Aufsätze von 1899 über den geographischen Zyklus²⁾, „vollendet das Trio der geographischen Bedingungen (*Controls*) — nämlich neben dem inneren Bau (*Structure*) und der Art der oberflächlichen Umbildung (*Process*) — und hat von den dreien die häufigste Anwendung und den größten praktischen Wert für die geographische Beschreibung.“ Auch in seinen Grundzügen der Physiogeographie steht die Würdigung des Alters voran, und jeder aus seiner Schule hervorgegangene Forscher bestimmt bei der Charakteristik einer Landschaft zuerst deren Alter und legt auf dieses den größten Wert für die geographische Beschreibung. Bei dem großen Einflusse, den diese Auffassung gewonnen hat, muß man sich mit ihr auseinandersetzen.³⁾

Davis vergleicht die Entwicklung oder, wie er sagt, den Zyklus einer Formenreihe mit einem Leben und vergleicht die Entwicklungsstufen mit den Lebensaltern. Bei der Ausgestaltung der Landoberfläche in feuchtem Klima, hauptsächlich durch die Arbeit des fließenden Wassers, der feuchten Verwitterung und des Regenwassers, also in seinem „normalen Zyklus“, entspricht der durch das Auftauchen des Landes aus dem Meere und die Hebung bis zu einer gewissen Höhe über dem Meere gegebene sog. Urzustand der Kindheit, während die darauf folgenden Entwicklungszustände als Jugend, Frühreife, Reife, Spätreife, Alter und Greisenalter bezeichnet werden. Dieses wird durch

1) *Proc. Am. Soc. for the Advancement of Science* XXXIII, 1884.

2) *Geographical Journal* XIV S. 481, *Essays* S. 249.

3) Meine Kritik berührt sich zum Teil mit der *Passarges* (Physiologische Morphologie S. 17 bzw. 149f.), ist aber unabhängig davon entstanden; ich habe ihr in kurzen Bemerkungen schon seit langem Ausdruck verliehen.

den Verlust aller aufragenden Formen und fast vollständige Ein-
ebnung gekennzeichnet, ähnelt also dem Zustande der Kindheit, nur
in einer tieferen Lage. Der Grund des Vergleiches ist der Grad der
Entwicklung. Ähnlich wie der Charakter des Kindes ist auch die Land-
oberfläche im Zustande der Kindheit gleichartig, undifferenziert. Beim
Lebewesen sowohl wie bei der Landoberfläche nimmt die Ausbildung
der Formen allmählich zu. Ähnlich wie das Lebewesen in einer ge-
wissen Zeit, der Zeit der Reife, die höchste Entfaltung aller Kräfte
und Eigenschaften zeigt, hat auch die Landoberfläche die Zeit der
reichsten Gliederung und Ausbildung der Formen, wenn die Flüsse
das Einschneiden in die Tiefe vollendet haben. Dann beginnt beim
Lebewesen eine Abnahme der Kräfte, ein Verfall, unter Umständen
sogar eine Verminderung der Größe, und ähnlich verlieren die Kräfte
der Erdoberfläche an Intensität und schwächen die Formen bis zum
vollständigen Erlöschen; die Landschaft wird wieder kindisch. Aber
durch neue Hebung kann ein neuer Zyklus eingeleitet, können die
Kräfte zu neuem Leben erweckt werden.

Es seien mir zunächst eine sprachliche und eine methodische Be-
merkung gestattet!

Ein Vergleich von Vorgängen der anorganischen Natur mit Lebens-
vorgängen kann als gelegentliches Bild der Anschauung dienen, die
Vorstellung beleben, schön und wirkungsvoll sein. Wenn er dagegen
immer wiederkehrt und zu Tode gehetzt wird, ermüdet er, und über
die Grenze geführt, wo er noch paßt, wird er geschmacklos. Ich kann
mir allenfalls vorstellen — wir kennen diese Vorstellung aus dem
Volksmärchen —, daß ein altes Lebewesen plötzlich wieder jung wird:
aber die Vorstellung, daß in ein altes oder greisenhaftes Geschöpf ein
junges oder reifes eingeschnitten sei, fällt aus dem Bilde heraus.

Der Vergleich mit dem Leben ist die charakteristische Vorstellungs-
weise der Naturvölker, ist mythologisch. Die Wissenschaft hat die
Vorstellung von einer Belebung und Beseelung der anorganischen
Natur überwunden, sucht die Vorgänge der anorganischen Natur als
solche zu erkennen und auch die Vorgänge der organischen Natur
möglichst auf sie zurückzuführen, verfährt also gerade umgekehrt.
Wenn sie den Vergleich durchführt und ihre Terminologie darauf be-
gründet, läuft sie Gefahr, darin eine Erklärung zu sehen, sich damit
zufrieden zu geben und auf die physikalische oder chemische Analyse
der einzelnen Vorgänge und die strenge Untersuchung ihres ursäch-
lichen Zusammenhanges zu verzichten. Ich kann mich des Eindruckes
nicht erwehren, daß *Davis* und seine Anhänger dieser Gefahr erlegen
sind, wenn sie eine gleichzeitige und harmonische Änderung der ver-

schiedenen Eigenschaften oder Formmerkmale der Täler und überhaupt der Landoberfläche annehmen, ohne die Fäden des ursächlichen Zusammenhanges zwischen ihnen aufzuzeigen.

Davis' Bezeichnung der Oberflächenformen nach dem Alter ist auch nicht klar und unzweideutig. Sie soll nicht bloß chronologischen Wert haben, eine Zeitbestimmung sein, sondern auch den Grad der Entwicklung ausdrücken. Aber jede Entwicklung hat einen bestimmten zeitlichen Ablauf; man muß sich Rechenschaft darüber geben, wie viel Zeit sie in Anspruch nimmt, und ob sich die gleiche Entwicklung überall in der gleichen Zeit oder in verschiedenen Fällen in verschieden langer Zeit vollzieht. *Davis* spricht aber bald von der Zeit (*time*), bald von der Entwicklungsstufe (*stage*).¹⁾ Aus diesem Widerspruche muß man zweierlei herauslesen: einerseits die Erkenntnis, daß der Ablauf nicht proportional der Zeit ist, andererseits aber die hohe Einschätzung der Bedeutung der Zeit für diesen Ablauf.

A. Penck hat in der Besprechung einer Arbeit von *Dietrich*²⁾ als ein besonders wichtiges Ergebnis den Nachweis hingestellt, daß das Moseltal in seinen verschiedenen, offenbar zur gleichen Zeit gebildeten Teilen verschiedene Alterszustände zeige, daß diese also nicht durch die Länge der abgelaufenen Zeit bestimmt seien. Er will darum das morphologische Alter von dem wirklichen oder geologischen Alter unterscheiden. Dabei denkt er an die verschiedene Schnelligkeit des Alterns bei verschiedenen Menschen und gar bei verschiedenen Arten von Tieren; mit 15 Jahren, hat er einmal gesagt, sei eine Dame jung, ein Hund dagegen alt. Auch *Davis* selbst hat diesen Gedanken aufgenommen: wenn ein alter Pilz neben einer jungen Eiche stehe, habe doch diese eine größere Zahl von Jahren. Aber den verschiedenen Teilen eines und desselben Lebewesens kann man nicht verschiedenes Alter zuschreiben! Ein Mensch kann nicht junge Arme und alte Beine haben, und ebensowenig ein und dasselbe Talstück alte und junge Formen. Die Bezeichnung nach dem Alter drückt die Zeitdauer aus; die Entwicklungsstufe muß man davon unterscheiden, weil die Schnelligkeit der Entwicklung außer von der Zeitdauer auch von der Intensität der zerstörenden Vorgänge und der Widerständigkeit des Gesteins abhängt.

1) Wenn *Davis* mir und anderen Kritikern vorwirft, daß wir ihn zu Unrecht von „Zeit“ sprechen ließen, so vergißt er, daß er früher immer (so *Essays* S. 249) von Zeit (*time*) gesprochen und diesen Ausdruck erst neuerdings zurückgenommen hat. In *Davis-Brauns* Grundzügen der Physiogeographie, 2. Aufl., II S. 5, wird das Stadium noch gleich der abgelaufenen Zeit gesetzt.

2) Ztschr. d. Ges. f. Erdkde. 1912 S. 298.

Alter im Sinne von Entwicklungsstufe ist demnach kein einfacher, sondern ein zusammengesetzter Begriff, in dem mehrere unbekanntere Komponenten verbunden sind. Die Bezeichnung nach dem Alter in diesem Sinne ist, was *Davis* und seinen Schülern merkwürdigerweise nicht zum Bewußtsein gekommen ist, überhaupt keine Erklärung, sondern eine rein empirische Beschreibung, wie er sie ja gerade bekämpft. Um eine Erklärung zu werden, muß die Entwicklungsstufe in ihre Komponenten: die verstrichene Zeit und das Tempo der Entwicklung, zerlegt werden, das sich auch wieder aus zwei Faktoren: der wirkenden Kraft und der Stärke des Widerstandes, zusammensetzt.

In welchem Tempo die verschiedenen Entwicklungsstufen durchlaufen werden, bedarf der sachlichen Prüfung. Es handelt sich dabei meist nicht um eine Angabe in Jahren, was noch auf lange hinaus selten möglich sein wird, sondern um eine Beziehung auf die geologischen Perioden. Die Ansichten über die Länge der erforderlichen Zeiten gehen aber noch weit aus einander. Während man anfangs für die Ausbildung der Täler bis zur Erreichung des Gleichgewichtsprofils und erst recht für die Einebnung einer Landschaft lange geologische Zeiträume in Anspruch nahm, preßt man sie heute oft in kurze Zeitabschnitte. Es wird immer wahrscheinlicher, und ich selbst habe es schon 1887 nachgewiesen, daß manche Täler erst nach der Haupteiszeit eingeschnitten worden sind. Aber die späteren Stadien der Oberflächengestaltung: die Erreichung des Gleichgewichtsprofils, die Abflachung der Hänge bis zu ihrer Einebnung und gar die Ausbildung eines ganzen Talnetzes nehmen, wie *Davis* selbst ausführt, sehr viel mehr Zeit in Anspruch als das Einschneiden. Wenn sich alle diese Vorgänge in kleinen Abschnitten der Tertiärzeit nicht nur einmal, sondern in mehrmaliger Wiederholung vollzogen haben sollen, wie eifrige *Davisianer* fordern, so müßten sie viel schneller vor sich gehen, als man gewöhnlich meint, oder die geologischen Perioden müßten noch viel länger gewesen sein, als wir sonst anzunehmen genötigt sind.

Nach *W Penck* hält die Abtragung mehr oder weniger gleichen Schritt mit der Hebung. An die Stelle des Alters tritt also die größere oder geringere Schnelligkeit der Hebung. Schnelle Hebung erzeugt jugendliche, langsame alte, ja greisenhafte Formen. Aber so groß dieser Unterschied der Auffassung anscheinend ist, so besteht doch nahe Verwandtschaft; denn beide Auffassungen rechnen nur mit quantitativen, nicht mit qualitativen Unterschieden der Vorgänge und suchen die ganze Talform in einen einheitlichen Ausdruck zusammenzupressen.

2. Die Merkmale des Alters.

Noch wichtiger als die Frage nach der Dauer der Entwicklungsvorgänge ist aber die Frage, ob die Formmerkmale, die der Entwicklungsstufe zugeschrieben werden, auch wirklich auf einander folgen und aus einander hervorgehen, oder ob sie nicht vielmehr unter verschiedenen Bedingungen des inneren Baues und des Klimas neben einander entstehen, also überhaupt keine Entwicklungsstufen, sondern verschiedene Arten der Entwicklung darstellen. Diese Frage will ich zunächst für die Täler zu beantworten suchen, von denen ja auch *Davis* ausgeht.

Das erste Merkmal ist das Gefäll oder Längsprofil der Täler. Der Anfangszustand und auch die Entwicklungsstufen der Kindheit und der Jugend hängen von der tektonischen Oberfläche ab und werden daher je nach dem inneren Bau verschieden sein. Wenn die tektonische Oberfläche überall beträchtliche Neigungswinkel hat, wie es bei Vulkanen und Faltengebirgen wahrscheinlich meist der Fall ist, können die Gewässer überall sofort einschneiden (s. o. S. 30). Wenn dagegen die tektonische Oberfläche flach ist und nur am Rande eine Stufe bildet, wie in Tafel- und Rumpfbirgen, schneiden die Gewässer zunächst nur am Rande ein und verlegen die Erosion allmählich rückwärts. Jeder Flußlauf setzt sich hier aus einer oberen Strecke trägen, ruhigen Laufes und einer unteren Strecke steileren Gefälles und rascheren Laufes zusammen; je größer der Fluß ist, um so schneller wird die letztere aufwärts vordringen. Sowohl bei überall gleichzeitig einsetzender wie bei allmählich rückwärts schreitender Erosion hängt die Stärke des Gefälles und die Geschwindigkeit des Laufes zum Teil von dem Höhenunterschiede zwischen Kamm und Fuß des Gebirges ab. Aber wir dürfen uns nicht durch unsere Erfahrungen in den Alpen täuschen lassen; die Unfertigkeit und Wildheit der alpinen Täler ist nicht nur eine Folge der Höhe des Gebirges, sondern auch seiner ehemaligen Vergletscherung und kehrt in dieser Form in unvergletscherten Hochgebirgen nicht wieder. Die Schnelligkeit des Einschneidens hängt auch von der Wasserführung, also mittelbar von Klima und Boden, und andererseits von der Widerständigkeit des Gesteines ab; wenn harte und weiche Gesteine wechseln, wechseln auch Strecken stärkeren und schwächeren Gefälles. So treten die Flüsse in ihrer Jugend in sehr verschiedener Form auf; gemeinsam ist ihnen nur die Unfertigkeit und die Abhängigkeit vom Bau und der tektonischen Oberfläche. Aber sie streben einem gemeinsamen Ziele zu, nämlich der Gleichgewichtskurve, die nicht von der tektonischen Oberfläche,

sondern nur von der Wasserführung abhängt, bei großen Flüssen flach, bei kleineren, also namentlich an allen Quellbächen, steiler ist. Sie wird in verschiedenem Tempo erreicht, stellt aber eine bestimmte Entwicklungsstufe dar. Man kann diese mit *Davis* als den Zustand der Reife bezeichnen; denn der Ausdruck „reif“, in dem sprachlich nichts von Zeit liegt, der vielmehr nur einen Zustand bezeichnet, erscheint mir weniger bedenklich als die Altersbezeichnungen; man muß sich nur vor der sprachlichen Barbarei hüten, das Wort „reif“ auch als Umstandswort zu gebrauchen und von „reif“ eingeschnittenen statt „bis zur Reife“ eingeschnittenen Tälern zu sprechen. Das Gleichgewichtsprofil ist, wie wir gesehen haben (S. 33f.), für die theoretische Betrachtung nicht endgültig; vielmehr wird im Verfolge der Abtragung die Schuttfuhr immer geringer, daher genügt eine geringere Wasserkraft, um sie zu bewältigen, so daß bei gleichbleibender Wassermenge das Gefälle immer mehr abnehmen kann. Diese Entwicklungsstufen des Alters und der Greisenhaftigkeit der *Davisschen* Terminologie sind aber nur theoretisch abgeleitet und noch kaum in der Natur beobachtet und sind im Längsprofil auch schwer von der Stufe der Reife zu unterscheiden.

Die Ausbildung der Talsohle stellt ein zweites Merkmal zur Bestimmung der Entwicklungsstufe dar. So lange der Fluß in die Tiefe schneidet, arbeitet er auch nach der Seite; die seitliche Erosion verbindet sich mit der Tiefenerosion zu einem seitlichen Hinabgleiten und einem Ausziehen der eingesenkten Mäander (s. S. 34). Nur örtlich, namentlich auf Strecken weicheren Gesteines, die oberhalb eines Felsriffes gelegen sind, können sich schon auf dieser Entwicklungsstufe breitere Talböden bilden. Im allgemeinen wird die Seitenerosion erst, wenn die Tiefenerosion zum Stillstande kommt, eine breite Talsohle schaffen. Wenn demnach einzelne Strecken eines breiteren Talbodens nichts für die Entwicklungsstufe beweisen, dürfen wir einen am ganzen Flußlaufe entlang ziehenden, zusammenhängenden Talboden ebenso wie die Gleichmäßigkeit des Gefälles als Beweis dafür ansehen, daß der Zustand des Gleichgewichtes oder der Reife erreicht ist. Das Ausmaß der Breite hat wahrscheinlich nichts mit dem Alter zu tun, sondern hängt von der Größe des Flusses ab (vgl. S. 34).

Als ein drittes Merkmal für das Alter der Täler gilt die größere oder geringere Steilheit der Talhänge. Junge Täler sollen mehr oder weniger senkrechte Wände haben — die Cañonform wird ausdrücklich mehr auf Rechnung der jungen Hebung und der Jugendlichkeit der Talbildung als des Trockenklimas gesetzt —, reife Täler mäßig geneigte, alte und greisenhafte Täler ganz flache Hänge. Diese Auf-

fassung geht von der richtigen Unterscheidung zwischen dem Einschneiden der Flüsse, das wenigstens auf geradlinigen Strecken und auf den Prallseiten der Windungen senkrechte, ja überhängende Wände schafft, und der Abschrägung der Hänge durch Verwitterung, Schwere, Regen- und Bodenwasser aus. Aber sie begeht den Fehler, daß sie diese als Abstraktion richtige zu einer tatsächlichen Unterscheidung macht, die Abschrägung auf die Flußerosion folgen läßt, die Talbildung in zwei auf einander folgende Akte, das Einschneiden und die Abschrägung der Hänge, zerlegt. Tatsächlich beginnt diese sofort mit dem Einschneiden; ob sie mit ihm Schritt hält oder nicht, und welche Formen sie im einzelnen erzeugt, hängt von der Tiefe der Täler, der durch das Klima bedingten Stärke der Kräfte und von der Widerständigkeit des Gesteines, erst in zweiter Linie, wenn überhaupt, von dem Alter, d. h. von der Dauer der Vorgänge, ab. In lockerem oder weichem, der Abspülung unterliegendem Material kann sich ein steiler oder gar senkrechter Talhang, wie er nach der *Davis*schen Theorie im Jugendzustande vorhanden sein sollte, auch nicht während der kürzesten Zeitspanne erhalten. Vielmehr wird er unter dem Einflusse der Schwere und der Verwitterung und Abtragung sofort abgeschragt. Auch ganz junge Talhänge zeigen die vermeintlichen Merkmale der Reife und stehen im Widerspruch zu dem unausgeglichenen, noch im Jugendzustande befindlichen Profile der Talsohle.¹⁾ Das junge Tal hat „altes“ Gepräge. Auch in hartem, aber undurchlässigem Gestein, wie den meisten kristallinen Gesteinen, schragt in feuchtem Klima das spülende Wasser zusammen mit der Kriechbewegung die Hänge ziemlich rasch ab; ein Cañon kann hier nie zu Stande kommen. Umgekehrt bleiben in trockenem Klima oder in durchlässigem Gestein, wenn spülendes Wasser fehlt, steile Wände bestehen, auch wenn die Talsohle das Gleichgewichtsprofil zeigt und durch seitliche Erosion verbreitert ist, wie beispielsweise in den meisten Tälern der schwäbischen Alb. Die Hänge mögen sich im Lauf der Zeit verflachen; aber daß das Alter eine geringe Rolle spielt, kann man in „mehrzyklischen“ Tälern erkennen: die über den Talterrassen gelegenen, also aus einer älteren Erosionsperiode stammenden Hänge müßten doch viel flacher sein, zeigen aber in Wirklichkeit, bei gleichem Gestein, meist die gleiche Böschung.

Ein viertes Merkmal soll in der Dichte und Verzweigung des Talnetzes bestehen. Im Jugendzustande sollen die Talnetze weitmaschig, die Täler wenig verzweigt und dem entsprechend die Ge-

1) Daß auch dieses sofort ausgeglichen sei, wie *Davis-Braun*, Grundzüge der Physiogeographie S. 198 (2. Aufl. Bd. II S. 102) behaupten, ist unrichtig.

birgskörper oder Hochlandsstücke wenig zertalt und auf große Strecken unversehrt erhalten sein. Im Laufe der Zeit sollen Erosion und Talbildung immer mehr um sich greifen, an Boden gewinnen, und als Merkmal der Reife wird angesprochen, daß die Talbildung das ganze Gebiet ergriffen habe und die ursprüngliche Oberfläche nirgends mehr unversehrt sei. Der Zustand der Reife war vorher dahin bestimmt worden, daß die größeren Täler das Gleichgewichtsprofil erreicht hätten. Das müßte also in derselben Zeit geschehen, in der sich die Talbildung des ganzen Gebietes bemächtigt. Diesen Nachweis vermisse ich, und ich kann auch keinen Grund für einen so engen Zusammenhang zwischen den beiden Erscheinungen erkennen. Der Begriff der Reife wird durch die Begründung auf zwei verschiedene, von einander unabhängige Merkmale zweideutig. Der Eroberungszug der Erosion verläuft auch keineswegs überall gleich, sondern in Gebieten von verschiedenem Bau verschieden. In Vulkanlandschaften und Kettengebirgen wird das ganze Land unmittelbar und schnell von der Erosion ergriffen, wird dieses Merkmal der Reife schnell erreicht, in einer Zeit, in der alle Flüsse noch wilde Gebirgswässer sind, lange bevor die Talsohlen das Gleichgewichtsprofil erreicht haben; man sehe sich doch einmal irgend ein Kettengebirge (außer Kalkgebirgen) daraufhin an! In Rumpf- und Tafelländern dagegen dauert es lange, bis die Erosion das ganze Gebiet ergreift; die größeren Flüsse haben längst schon ruhigen Lauf, wenn noch große Platten oder Tafeln unzerschnitten sind. Dichte und Verzweigung des Talnetzes hängen mehr vom inneren Bau und auch vom Regenreichtum und dem Maße der Bewässerung als von der Entwicklungsstufe ab.

Ein fünftes Merkmal wird im Verhältnis der Täler zum inneren Bau gesucht. Soweit sie nicht während der Hebung des Gebirges von siegreichen Flüssen eingeschnitten werden, sie überleben, nach *Powells* Bezeichnung antezedent sind, hängen sie zunächst vom Gebirgsbau ab. Im Laufe der Zeit wird diese Abhängigkeit durch die Arbeit der Flüsse immer mehr aufgehoben: die durch Wasserreichtum oder große Höhenunterschiede oder geringen Widerstand des Gesteines begünstigten Flüsse dringen erobernd in das Gebiet der minder begünstigten vor und überwinden die tektonisch angelegten Wasserscheiden. In Tafel- und Rumpfländern bilden sich auch neue Täler aus. Die Täler befreien sich allmählich aus ihrer Abhängigkeit von der tektonischen Oberfläche und passen sich den Bedingungen ihrer Arbeit, einerseits der verschiedenen Wasserführung, andererseits der Härte oder überhaupt Widerständigkeit des Gesteines, an. Reichliches Auftreten nachträglich gebildeter Täler kann in der Tat als ein Merkmal fort-

geschrittener Entwicklung angesehen werden. Aber es läßt sich schwer mit bestimmten Entwicklungsstufen verknüpfen. Und man muß immer erst sorgfältig prüfen, ob nicht doch tektonische Verhältnisse, z. B. kleine Verwerfungen und Klüfte, die Talrichtung bestimmen, wie es wahrscheinlich bei manchen sogenannten subsequenten Tälern der Fall ist.

So haben die für das Alter oder die Entwicklungsstufe der Täler angeführten Merkmale verschiedenen Wert. Das Gleichgewichtsprofil und eine breite Talsohle können als gute Merkmale einer bestimmten, in der Hauptsache von der abgelaufenen Zeit abhängigen Entwicklungsstufe gelten. Auch die Verzweigung der Täler und ihre größere oder geringere Abhängigkeit von der ursprünglichen tektonischen Oberfläche folgen bis zu einem gewissen Grade aus ihr, lassen sich aber kaum in eine bestimmte zeitliche Beziehung zu jenen beiden setzen und mit ihnen zur Charakteristik eines bestimmten Alters verbinden. Die Ausbildung der Hänge, von der die Physiognomie der Täler vor allem bestimmt wird, hängt nur nebensächlich von der Entwicklungsstufe ab. Nicht nur tritt die Abflachung in manchen Fällen so früh, daß *Davis* von reif geborenen Tälern spricht, und in anderen Fällen so spät ein, daß man von ewig jungen Tälern sprechen könnte; vielmehr wird sie überhaupt weniger durch die Entwicklungsstufe als durch Klima und Gestein und dessen Lagerungsweise bestimmt. Es ist ein verhängnisvoller Irrtum, wenn man meint, auch die Form der Talhänge durch das Alter charakterisieren zu können.¹⁾

Wenn eine wissenschaftliche Annahme mehr als ein Gedankenspiel sein soll, muß sie an der Wirklichkeit geprüft werden, und diese Prüfung geschieht, falls das Experiment nicht anwendbar ist, durch den Vergleich. Nicht umsonst hat *Peschel* die vergleichende Methode in die Geographie eingeführt; der methodische Fortschritt über ihn hinaus besteht nicht in einem Verzicht auf sie, sondern in ihrer gründlicheren Ausübung nicht nur an der Hand von Übersichtskarten, sondern von Spezialkarten und noch mehr der unmittelbaren Beobachtung in der Natur. Die Forderung *Passarges*, daß jede morphologische

1) Später haben auch *Davis* selbst (Erklärende Beschreibung der Landformen S. 183) und *Rühl* (Eine neue Methode der Geomorphologie S. 89) anerkannt, daß das Alter der Talsohle, das Alter der Hänge und die Ausbildung des Talnetzes drei verschiedene Dinge seien. Daraus ergibt sich logisch die Forderung, auf eine allgemeine Altersbezeichnung zu verzichten und die auf das Alter begründete Terminologie zu opfern oder doch auf die Charakteristik der Talsohle zu beschränken. Im Verfolg der Darstellung werden aber immer wieder die Täler im ganzen als jung, reif oder alt charakterisiert, ohne daß jener Verschiedenheit der Ausbildung Rechnung getragen würde.

Arbeit von einer morphologischen Karte begleitet sein sollte, geht zu weit und ist praktisch nicht durchführbar, im Grundsatz jedoch richtig. Jede geographische Hypothese muß wenigstens in typischen Beispielen an der Karte erprobt werden. Ehe man sich in dem Gedankengebäude der Altersauffassung wohnlich einrichtet, muß man durch Belastungsproben feststellen, ob die Balken das Gebäude tragen. Man müßte für verschiedene, mannigfaltig gebaute Gebiete Karten zeichnen, in denen auf Grund der angegebenen Merkmale: des Längsprofils, der Breite der Talsohle, der Form der Hänge, der Dichte des Talnetzes und des Verhältnisses zum inneren Bau, das Alter der Täler eingetragen würde. Aus einer solchen Karte würde sich ergeben, ob diese verschiedenen Merkmale übereinstimmen oder ob sie verschieden verteilt, ob und wie weit sie an das Gestein und seine Lagerungsverhältnisse gebunden sind und zum Klima in Beziehung stehen, und ob sich wirklich eine über Gestein und Klima hinausgehende Gemeinsamkeit der Eigenschaften ergibt, die man auf das Alter zurückführen kann. Es wäre auch zu prüfen, ob die theoretisch aufgestellten Altersstufen in der Natur wirklich auftreten und ob ihre Häufigkeit bemerkenswerte Unterschiede zeigt. Gibt es überhaupt „alte“, d. h. zwischen Reife und Greisenhaftigkeit mitten inne liegende Talformen anderswo als im Ton oder in ähnlichem weichem, undurchlässigem Gestein, wo das „Alter“ lediglich auf der Gesteinsbeschaffenheit beruht? Kommen überhaupt „greisenhafte Täler“ vor, bei denen vorangehende Talzustände nachgewiesen sind? Oder sind es nicht vielmehr ursprünglich flache Täler oder gar nur Dellen?

Es ist nicht etwa bloß ein terminologisches Bedenken gegen den Vergleich mit dem Leben und die unklare und unbestimmte Ausdrucksweise, sondern eine sachlich verschiedene Auffassung des Wesens der Erscheinung, was mich zum Widerspruche gegen *Davis'* Charakteristik der Täler bestimmt. Es soll gern anerkannt werden, daß die eingehende Berücksichtigung der Entwicklungsstufe manche Erscheinung erklärt und unsere Erkenntnis bereichert hat; aber die Entwicklungsstufe wird viel zu sehr in den Vordergrund geschoben, die verschiedene Art der Ausbildung tritt viel zu sehr zurück, die Charakteristik der Talformen wie der Formen der Landoberfläche überhaupt ist zu einseitig. Dagegen wenden wir uns; wir sehen darin einen Schematismus und zwar einen recht öden Schematismus, statt einer lebendigen Wiedergabe der Wirklichkeit.

Wenn ein hervorragender Forscher einen Irrtum begeht, wenn viele andere diesem begeistert zustimmen oder ihn wenigstens stillschweigend übernehmen, muß man nach dem psychologischen Grunde dafür

fragen. Ich glaube, daß er in der wissenschaftlichen Methode: in der Bevorzugung der Deduktion und in deren besonderer Art, liegt. Die Deduktion wird immer dazu neigen, eine Ursachenreihe, und zwar eine möglichst einfache Ursachenreihe, in den Vordergrund zu schieben, die anderen, besonders wenn sie sich nicht deduktiv auffassen lassen, zu vernachlässigen. Bei *Davis* besteht diese Einseitigkeit in der vorzugsweise geometrischen Auffassung und der Vernachlässigung der nur durch eindringende Beobachtung im einzelnen, nach *Passarges* Ausdruck physiologisch, aufzufassenden Mannigfaltigkeit der Naturerscheinungen. Seine Betrachtungsweise beruht auf zwei einfachen geometrischen Konstruktionen: er läßt die Talsohle nach und nach immer mehr die Form einer regelmäßigen Kurve annehmen und diese immer flacher werden, und er läßt auch die Talhänge nach und nach immer flacher werden, klappt sie gleichsam immer mehr herunter, bis sie sich der Wagrechten nähern. Der Neigungswinkel sowohl der Talsohle wie der Talhänge erscheint als eine Funktion der Zeit oder wenigstens der aus Länge der Zeit und Tempo des Vorganges zusammengesetzten Entwicklungsstufe. Die verschiedenen Eigenschaften des Gesteines sowie der verschiedene Charakter der umbildenden Vorgänge, denen eine unbefangene induktive Untersuchung den gleichen Wert beimißt, entziehen sich diesem deduktiv-geometrischen Schema und werden nicht berücksichtigt.

Es ist nicht nötig, die gleichfalls auf Deduktion beruhende Auffassung von *W. Penck* (vgl. S. 36) in derselben eingehenden Weise zu prüfen; denn die Schnelligkeit der Hebung, die für ihn die maßgebende Tatsache ist, äußert sich ähnlich wie das Alter bei *Davis*, und die meisten der Gründe, durch die dessen Theorie widerlegt wird, sind mit geringen Abänderungen auch gegen *W. Pencks* Theorie geltend zu machen.

3. Die Talformen.

Die Talform ist keine einfache Erscheinung, sondern setzt sich aus dem Gefälle der Talsohle, aus deren Breite, dem Vorhandensein oder Fehlen von Talterrassen und aus der Form der Talhänge zusammen. Diese drei Eigenschaften stehen zwar in einem gewissen ursächlichen Zusammenhange; aber er ist nicht zwingend. Sie gehorchen verschiedenen Gesetzen. Darum kann man kaum zu einer einheitlichen, geschlossenen Klassifikation der Täler gelangen, sondern wird sich mit der Aufstellung von Typen begnügen und auch hierbei bald Halt machen müssen.

Manche Täler stellen sich ganz oder doch überwiegend als Einschnitte des fließenden Wassers mit geringer Umbildung durch andere

Kräfte dar. Diesem Typus gehören viele Klammern der Alpen an, und man kann darum allgemein vom Klammertypus sprechen; aber natürlich fallen nicht alle Täler, auf die der Volksmund oder der touristische Sprachgebrauch den Namen Klamm anwenden, darunter, während andererseits auch Täler dazu gehören, die man gewöhnlich nicht so nennt. Ihre Entstehung scheint mit der ehemaligen Vergletscherung zusammenzuhängen; vielleicht sind sie oft unter den Gletschern von deren Schmelzwässern gebildet worden. Sonst hat vielleicht die Härte und Glätte des alten Gletscherbodens den zerstörenden Kräften den Angriff verwehrt. Auf die eine oder andere Weise scheinen die Gletscher bei ihnen Taufpate gestanden zu haben. Es ist zweifelhaft, ob man in unvergletscherten Gebieten eigentliche Klammern findet; nur manche aus Höhlengängen entstandene Täler in Karstgebieten könnte man allenfalls als Klammern bezeichnen.

Man hat manchmal die Cañons als Klammern betrachtet; aber mit Unrecht, denn so reinen Erosionscharakter tragen auch die großartigsten und typischsten Cañons nicht. Das spanische Wort Cañon¹⁾, das Röhre oder Kanone bedeutet, ist in den Kordillerenländern Süd- und Nord-Amerikas den dortigen tief eingeschnittenen, steilwandigen Tälern beigelegt worden und von da als Gattungsbegriff in die Wissenschaft gekommen. Man hat diesen neuerdings in zweifacher Richtung umändern wollen: einerseits hat man ihn erweitert und auf alle als jung aufgefaßten V-täler, wie das Rhein- und Moseltal, angewandt; andererseits hat man ihn auf die tiefen engen Täler in Tafelländern oder Plateaus beschränkt²⁾. Die Erweiterung des Begriffes ist ebenso unzweckmäßig, wie es die Erweiterung des Begriffes Fjord auf alle Felsbuchten war; man entfernt sich ohne Grund von der ursprünglichen Bedeutung und begibt sich einer charakteristischen Unterscheidung. Bei der genannten Einschränkung hat man an den Cañon

1) Wir haben keinen Grund, uns im Deutschen der amerikanischen Schreibweise Canyon zu bedienen.

2) Der terminologische Gebrauch eines solchen ursprünglich örtlichen oder doch auf ein bestimmtes Natur- und Sprachgebiet — wie hier die ehemals spanisch-amerikanischen Kordillerenländer — beschränkten Ausdruckes ist natürlich nicht eine Frage der Richtigkeit, sondern der Zweckmäßigkeit und hängt daher vom wissenschaftlichen Takte ab. Dieser hat hier gefehlt. Die Ausführungen von *W. v. Lozinski* (Jahrb. d. geol. R. A. LIX, 1909, S. 6 u. 39 ff.) haben wegen verfehlter Begriffsbestimmung keine Bedeutung für die Auffassung der Cañons. Aus demselben Grunde ist deren Charakteristik in *Supans* physischer Erdkunde 5. Aufl. S. 524 schief. Auch in der *Davisschen* Schule herrscht teilweise die unglückliche Neigung, jedes in ein Plateau eingeschnittene Tal ohne Talsohle als Cañon zu bezeichnen. *Passarge* hält sogar die Täler in Waldgebirgen für Cañons.

des Colorado gedacht und vergessen, daß es auch zahlreiche Cañons in geneigten Schichten und Massengesteinen gibt, denen man den Namen nicht entziehen kann; die Tafellandcañons, die in der Tat manche Besonderheiten zeigen, sind eine Unterform.

Zwei Hauptmerkmale treten uns in allen Cañons entgegen: der Fluß nimmt die ganze Talsohle ein, Flußbett und Talsohle fallen zusammen, und die wenig gegliederten Talhänge sind sehr steil, so daß auch die oberen Talränder, sofern nicht breite Terrassen eingeschaltet sind, wenig auseinanderstehen.¹⁾ Aber im ganzen sind sie nicht senkrecht, sondern abgestuft; sie zeigen auch in einer gewissen Gliederung die Arbeit von Verwitterung und Abtragung und unterscheiden sich dadurch wesentlich von den Klammen. Die Enge des Talbodens weist darauf hin, daß der Fluß noch im Einschneiden begriffen ist, warum die seitliche Erosion noch nirgends die Talsohle hat erweitern können. Die Steilheit und geringe Gliederung der Wände läßt sich aber nicht allein oder auch nur vorzugsweise aus dieser „Jugend“ erklären, sondern beruht auf der Schwäche der Verwitterung und Abtragung. Eigentliche Cañons sind, wie *Dutton* richtig erkannt hatte, auf Länder mit trockenem Klima beschränkt und verdanken ihm ihre Form.²⁾

Auch in feuchten Klimaten erinnern manche Täler durch die Enge der Talsohle und die Steilheit und geringe Gliederung der Hänge an Cañons. Aber der Cañoncharakter ist weniger scharf ausgeprägt, und man spricht darum besser nur von cañonartigen Tälern, jedoch ohne daß man darin pedantisch sein müßte. Namentlich ist dieser Vergleich für die Täler und Gründe der sächsisch-böhmischen Schweiz aufgestellt worden; aber er gilt auch für viele Täler der schwäbischen und fränkischen Alb, für die Gorge des Tarn im Gebiete der Causses und für viele andere. Diese cañonartigen Täler in feuchten Klimaten sind an reinen Quarzsandstein oder reinen Kalk geknüpft; die Durchlässigkeit des Gesteins wirkt ähnlich wie die Trockenheit des Klimas,

1) Weil die Cañons dadurch eine gewisse Ähnlichkeit mit einem schmalbrüstigen U haben, hat man sie neuerdings als U-täler bezeichnet. Man trägt dadurch wieder einmal ohne jede Not Verwirrung in die wissenschaftliche Terminologie; denn die Bezeichnung U-täler ist längst an Täler von ganz anderem Gepräge und anderer Entstehung vergeben.

2) *v. Lozinski* und *Supan* behaupten, daß *Dutton* in seiner Beschreibung der Hawaiiinseln (*U. S. Geol. Survey, IV. Annual Report 1882/83 S. 216f.*) seine ursprüngliche Erklärung der Cañons durch das Trockenklima zurückgenommen habe. Das ist nicht richtig; er hält sie vielmehr ausdrücklich aufrecht und fügt nur zu, daß in feuchtem Klima durchlässiges Gestein ähnliche Formen wie trockenenes Klima erzeuge. Er gibt also, was mir früher entgangen war, die gleiche Erklärung, auf die ich und andere wenig später durch das Studium der Täler im Quadersandsteingebirge geführt worden sind.

wie wir ja überhaupt gesehen haben (s. S. 21), daß Trockenheit des Klimas und Trockenheit des Gesteines einander vertreten. Im Trockenklima kann das Regenwasser nicht abschrägend wirken, weil es überhaupt fehlt, im durchlässigen oder trockenen Gestein nicht, weil es versickert; wo es wieder aussickert, wirkt es untergrabend und erzeugt steile Wände. Das Vorhandensein von Klüften ist nur mittelbar wichtig, insofern es das Einsickern des Wassers und die Bildung senkrechter Wände befördert; in tonigen Sandsteinen und anderen schwer durchlässigen Gesteinen üben Klüfte keine solche Wirkung aus. Die cañonartigen Täler sind meist in wagrechte Schichtentafeln eingesenkt und neigen daher zur Terrassierung der Hänge; aber sie können auch, wie der Cañon des Doubs, an steil gestellte Bänke von Kalk oder überhaupt anderem durchlässigem Gestein gebunden sein.

Alle anderen Täler feuchter Klimate zeigen größere Neigung und Gliederung ihrer Hänge. Für sie hat sich, zur Bezeichnung des Gegensatzes gegen die glazial umgebildeten U-täler, die Bezeichnung V-täler eingebürgert; *Passarge* nennt sie Kerbtäler. Im einzelnen sind sie sowohl auf Grund des Baus wie der Eigenheiten des Klimas sehr verschieden ausgebildet. In gleichem Gestein sind auch die Steilheit und Form der Hänge gleich, je nach dem mehr oder weniger steil, mehr oder weniger gegliedert. Wagrechte Schichtung ist mit wechselnder Terrassierung und Ausbildung der Hänge im Querprofil verbunden. Steile Neigung und Faltung der Schichten erzeugt Wechsel in der Längsrichtung; harte Gesteine treten als Riffe vor, weiche sind sanfter abgedacht. In gleichmäßig feuchtem Klima mit geschlossener Pflanzendecke bilden sich selten Regenrisse und Runsen, und sie werden durch Kriechbewegungen bald wieder ausgeheilt; die Hänge sind geschlossen und glatt, nur durch einzelne Tälchen zerschnitten. In trockenen Gegenden mit periodischen Regen und lockerer Pflanzendecke sind sie bis ins Einzelne von Schluchten und Runsen durchsetzt und reich modelliert.

Haben alle diese Täler im allgemeinen eine schmale, großenteils auf das Flußbett beschränkte Talsohle, so daß die Talhänge unmittelbar oder fast unmittelbar aus jener aufsteigen, so ist in anderen Fällen, sei es streckenweise, sei es im ganzen Verlaufe, in Folge von seitlicher Erosion im Gleichgewichtszustande oder gar von Aufschüttung eine mehr oder weniger breite Talsohle vorhanden (vgl. S. 34), warum sie *Passarge* als Sohlentäler bezeichnet¹⁾. Die Talhänge liegen dann weiter zurück, werden aber in ihrer Form dadurch wenig beeinflusst;

1) Physiologische Morphologie S. 150. *Richthofen* (Führer S. 146) hat diesen Ausdruck allerdings in ganz anderem Sinne gebraucht.

auch Täler mit breiter Talsohle können steile Wände und halb cañon-artiges Gepräge haben.

Wenn in Stillstandsperioden der Erosion Talterrassen gebildet worden sind, hat das Tal gleichsam einen mehrstöckigen Bau. Aber er spricht sich nur in der Breite des Tales, nicht auch in der Form der Hänge aus; sie sind oben weiter zurückgerückt, nicht aber stärker abgschrägt als unten. Der Baustil ist in allen Stockwerken der gleiche, sofern nicht die Abstufung des Klimas mit der Höhe oder Verschiedenheit des Gesteins Unterschiede der Verwitterung und Abtragung und damit auch der Form bewirkt.

Neben die Täler, die als Gebilde des fließenden Wassers, dessen Hänge als die Wirkung abschrägender und gliedernder Denudation anzusehen sind, also neben die echten Täler, treten andere, bei denen diese Entstehung nicht zu voller Entfaltung kommt, oder die durch andere Kräfte umgebildet worden sind; man kann sie als unechte Täler bezeichnen. Sie treten in zwei Hauptformen auf.

Die Wadis sind die Talform der Wüste. Wie die Windungen und der ausgesprochene Gegensatz eines Gleithanges und eines Prallhanges beweisen, sind sie nicht durch den Wind, sondern durch das fließende Wasser gebildet worden, sei es durch den Abfluß heftiger Regengüsse, die auch in den schlimmsten Wüsten von Zeit zu Zeit fallen, sei es in einem feuchteren Klima der Vergangenheit. Aber die Abwesenheit eines Flusses in den Zwischenzeiten läßt es zu keiner vollen Ausgestaltung der Talsohle kommen, sondern gibt sie dem Winde preis, der stellenweise allen Sand wegweht und ihn an anderer Stelle anhäuft, so daß die Talsohle aus einem Wechsel von flachen Becken und Schwellen bestehen kann. Die Hänge der Wadis entsprechen in ihrer Steilwandigkeit denen der Cañons.

Die andere Hauptform unechter Täler sind die glazialen Trog- oder U-täler. Ihre Windungen sind abgeschwächt; sie sind im Grundrisse ziemlich geradlinig, dabei breit und offen, so daß man weit in sie hineinsehen kann. Der Längsschnitt zeigt treppenartigen Wechsel von flacheren und steileren Strecken, oft sogar von Becken, die nachträglich mit Schotter zugefüllt worden sind, und Felsriegeln, in die sich die Flüsse heute Klammern eingengagt haben. Der Querschnitt hat Trog- oder U-form, die sich kaum bloß auf die seitlichen Schuttkegel zurückführen läßt. Die Seitentäler münden oft in beträchtlicher Höhe über der Sohle des Haupttales, sind, nach *Gilberts* Ausdruck, Hängetäler. Über die Entstehung dieser Talform ist viel gestritten worden. Während manche Forscher, wie *Ramsay* und *Tyndall*, sie ganz den Gletschern zugeschrieben haben und auch *A. Penck* auf Grund

seiner eingehenden Untersuchung der deutschen Alpen (1882) eine sehr bedeutende Gletschererosion angenommen hat, wollen andere, wie namentlich der Nestor der Schweizer Geologen, *Albert Heim*, von dieser überhaupt nichts wissen, leugnen besonders die glaziale Über-tiefung und führen nur die Rundhöcker und geschrammten Felsen auf glaziale Bearbeitung zurück. Die Gegnerschaft gegen die Glazialerosion scheint im Wachsen zu sein. Keinenfalls sind sie ursprünglich von den Gletschern geschaffen, sondern von den Flüssen als gewöhnliche Täler angelegt, dann aber, vielleicht zu wiederholten Malen, von den Gletschern mehr oder weniger umgearbeitet und schließlich von neuem von dem fließenden Wasser umgestaltet worden. Aber eine Streitfrage ist es noch heute, welche Form die Täler vor der Vergletscherung hatten, namentlich, ob der für die meisten Glazialtäler charakteristische Stufenbau und in Verbindung damit die Eigenschaft der Nebentäler als Hängetäler aus präglazialer Zeit stammen und vom Gletscher nur etwas modifiziert worden oder ob sie überhaupt erst durch die Erosion des Gletschers entstanden sind. Sie wird sich wahrscheinlich nur durch umfassende Vergleiche mit den unvergletscherten Hochgebirgen wärmerer Klimate der Lösung näher führen lassen, weil dadurch die heute vorhandene Gleichung mit zwei Unbekannten in eine solche mit einer Unbekannten verwandelt wird; der Blick der meisten Alpenforscher ist heute zu sehr auf die Alpen beschränkt.

V. Richtung und Anordnung der Täler.

Wenn wir uns jetzt den Talnetzen und Talsystemen zuwenden, so bezieht sich die erste Frage auf das Verhältnis der Täler zur Richtung der Gebirge, und daran schließt sich die zweite, tiefer dringende Frage nach ihrem Verhältnis zum inneren Bau, zur Streich- und Fallrichtung der Schichten und zum Verlaufe der tektonischen Linien: der Falten, Verwerfungen, Kluftrichtungen. Die beiden Fragen fallen zusammen, wenn die Streichrichtung der Schichten mit der der Gebirge übereinstimmt; sie fallen aus einander, wenn die Schichten quer oder schräg auf die Richtung der Gebirge streichen, also besonders, wenn diese durch große Bruchlinien bestimmt wird, die die Falten abschneiden. Seit langem hat man diesen Fragen große Aufmerksamkeit zugewandt, und wenn man eine Zeit lang für die Täler in ungefalteten Gebieten völlige Unabhängigkeit von tektonischen Linien annahm, so hat man neuerdings ihre Beziehungen zu Verwerfungen und Kluftlinien wieder mehr in den Vordergrund gerückt. Besonders *Deecke* hat

sie stark betont und nicht nur den Verlauf der Täler im ganzen, sondern auch die einzelnen Krümmungen in Beziehung zu Verwerfungen und Spalten gebracht. Diese Beziehungen brauche ich hier nicht im einzelnen zu erörtern, ich muß nur noch einmal betonen (vgl. S. 25 f.), daß diese Feststellung ein Akt der Beschreibung ist und noch nichts über die Entstehung der Täler aussagt, die wir uns immer noch verschieden denken können. Daraus ergibt sich eine wichtige Folgerung für die Terminologie: man darf die auf Beobachtung beruhende Feststellung der Beziehungen der Täler zum inneren Bau nicht mit Annahmen über die Entstehung verquicken und beide in einem Ausdrucke zusammenfassen, wie es neuerdings, namentlich in der *Davis*-schen Schule, z. B. bei den Ausdrücken konsequent, subsequent, obsequent usw., geschehen ist, sondern man muß beide reinlich auseinanderhalten.

Nach unserer ganzen Vorstellung vom Wesen der Erosion muß der Fluß anfangs über dem heutigen Tale auf der ursprünglichen Oberfläche geflossen sein und sich allmählich eingegraben haben. Wir können uns die Entstehung eines Tales durch Erosion nur dann ohne weiteres vorstellen, wenn die ursprüngliche Oberfläche in dessen Richtung gleichsinnig geneigt ist; über kleinere Unebenheiten mag der Fluß nach vorübergehender Aufstauung hinweggekommen sein, aber größere Unterbrechungen des gleichsinnigen Gefälles bereiten dem Verständnis Schwierigkeiten. Alle Täler, die mit dem Gebirgsbau übereinstimmen, können wir als tektonisch bestimmte oder als rechtsinnige oder konkordante Täler bezeichnen.¹⁾ Die Abhängigkeit vom inneren Bau ist von verschiedener Art: sie kann durch die Abdachung einer Fläche oder durch den Verlauf einer Dislokationslinie, sei es einer Mulde oder einer Verwerfung, gegeben sein, und man kann danach Abdachungs- und Dislokationstäler unterscheiden.

Die Talbildung ist doch wohl öfter, als man gemeinhin annimmt, durch Verwerfungen oder andere tektonische Linien bestimmt. Sicher hat man früher zu leicht dazu seine Zuflucht genommen. Sicher muß man eine Spalte oder Verwerfung erst im inneren Bau nachweisen, ehe man sie zur Erklärung eines Tales heranzieht. Sicher handelt es sich vielfach nur um mittelbaren Einfluß der Verwerfung, indem diese Gesteine von verschiedener Widerständigkeit neben einander an die Oberfläche gebracht hat. In Gebieten, deren innerer Bau noch nicht genau bekannt oder sehr verwickelt ist, muß man Zurück-

1) Die von *Powell* eingeführte Bezeichnung „konsequent“ entspricht nicht dem eigentlichen Sinne dieses Wortes und sollte darum lieber vermieden werden. *Pencks* Übersetzung „Folgetäler“ ist auch nicht bezeichnend.

haltung üben. Aber man darf auch nicht zu abweisend sein. Die Entstehung des schwäbischen Neckartales oder der großen Längstäler der Alpen oder der Anden durch nachträgliche Erosion in Folge der geringeren Widerständigkeit des Gesteines ist sehr unwahrscheinlich. Hier kommen doch wohl tektonische Linien in Betracht; *A. Penck* hat sie neuerdings auf große Einbiegungen bei einer „Großfaltung“ des Gebirges zurückgeführt.

Bei vielen Tälern besteht jedoch Widerspruch gegen den inneren Bau; sie sind widersinnig oder diskordant.

Der Widerspruch ist oft bloß scheinbar, besteht nur zur heutigen, nicht zur tektonischen Oberfläche und verschwindet bei schärferer Auffassung des Baus. Auf einen solchen Fall hat *Gümbel* schon 1865 am Beispiele der Altmühl hingewiesen. Sie durchbricht, aus niedrigerem Hügellande kommend, die in einer Landstufe daraus aufsteigende schwäbisch-fränkische Alb. Aber ursprünglich setzte sich deren Kalkplatte sanft ansteigend weiter fort, die Altmühl ist als Abdachungsfluß auf ihr angelegt worden, und der Widerspruch gegen das Gelände ist erst durch die Abtragung des Landes im Oberlaufe entstanden. Ähnliches gilt nach *Penck* vom Durchbruche der Donau durch die schwäbische Alb und von manchem andern Durchbruchstale.

Offt durchschneidet ein Fluß Falten oder doch ihm entgegen geneigte Schichten; aber sie gehören einem Rumpfgebirge an, das manchmal noch von tafelförmig liegenden Schichten bedeckt ist. Die tektonische Oberfläche, auf der der Fluß seinen Lauf angelegt hat, hat also nichts mit den Falten und Schichtenneigungen zu tun, sondern wird durch die Neigung der Rumpffläche oder der darüber liegenden Schichtentafel bestimmt, und damit stimmt der Flußlauf überein. Diesen Vorgang haben schon *Ramsay* u. a. für die Rumpflandschaften der britischen Inseln abgeleitet; *Richthofen* hat solche Täler als epigenetisch (*Powell* als *superimposed*) bezeichnet. Auch die Bedeckung mit mächtigen Glazialschottern scheint, z. B. bei den Einschnitten der Donau in den südlichen Albrand und in das böhmische Massiv, Anlaß zu solchen scheinbaren Widersprüchen der Flußläufe zum inneren Bau gegeben zu haben.

Den Widerspruch zwischen dem Gebirgsbau und dem Laufe des Flusses haben, wie wir näher sehen werden, schon ältere englische Geologen in manchen Fällen dadurch aus dem Wege zu räumen gesucht, daß sie durch die Kämme und Gipfel eine mehr oder weniger gewölbte Fläche gelegt haben, auf der das Flußnetz angelegt worden sei, und diese Hilfskonstruktion ist neuerdings in der *Davisschen* Schule sehr beliebt geworden. Das Gedankenbild ist leicht hingestellt;

aber man muß sich vor Augen halten, wie gewaltige Naturvorgänge die Einebnung eines Gebirges und die neue Hebung der eingebneten Masse sind. Ehe man zu solchen Gewaltmitteln greift, muß man einfachere Erklärungen versuchen. In den Alpen und ähnlich gebauten Gebirgen muß man prüfen, ob die Entstehung der großen Quertäler nicht in den Überschiebungsdecken begründet sein kann, die, nach vorn übergeneigt, die heute anstehenden Falten überdeckt haben, ob also nicht auch hier der Widerspruch der Quertäler gegen den inneren Bau des Gebirges nur scheinbar ist.

Bei anderen Tälern ist die Widersinnigkeit oder Diskordanz, d. h. der Widerspruch gegen den inneren Bau, nicht scheinbar, sondern wirklich. Am auffallendsten ist solche Widersinnigkeit bei Durchbruchs- oder Durchgangstälern durch ganze Gebirge. Auf sie haben sich ursprünglich die Erklärungsversuche beschränkt, und erst allmählich sind Theorien über die Entstehung der widersinnigen Täler überhaupt aufgestellt worden. Sie bewegen sich in zwei Richtungen.

Nach der einen Erklärung, die schon von *Bischof* und *Lyell* angedeutet worden war und von *Powell* für den Durchbruch des Green River in den Uintahbergen, von *Medlicott* in den Siwalikvorbergen des Himalaja und später, aber unabhängig, von *Tietze* für die persischen Gebirge aufgestellt worden ist, sind manche Flüsse älter als die Gebirge, haben sie während der Aufwölbung zerschnitten und dabei im ganzen ihren alten Lauf behauptet. *Powell* bezeichnet solche Flüsse und Täler als *antecedent*, und diese Bezeichnung ist auch in die deutsche Literatur übergegangen. *Penck* hat sie, nicht gerade schön, als *Vorgehertäler*, *Östreich* als *beständige*, ich sie früher als *ursprüngliche Täler* bezeichnet; besser spricht man wohl von *überlebenden* oder *präexistierenden* Flüssen und Tälern. Am wichtigsten ist diese Erklärung für Durchbruchstäler, aber sie gilt keineswegs für alle Durchbruchstäler; bei manchen, die man als überlebend aufgefaßt hat, wie die großen Durchbruchstäler durch den Himalaja, ist nachträgliche Entstehung wahrscheinlicher. Überlebende Täler, wie der Durchbruch des Rheins durch das rheinische Schiefergebirge, sind immerhin Ausnahmen; im allgemeinen hat der innere Bau die Flüsse zunächst in seinen Bann gezwungen.

Nach der anderen Erklärung, die von *Beete Jukes* (1862), *Rütimeyer*, *Heim*, *Gilbert* angegeben und von *Löw* (1882) zur Erklärung der Durchbruchstäler benutzt worden ist, sind die Täler jünger als die Gebirge, nicht sogleich mit dem Gebirgsbau entstanden und in ihm gegeben, sondern erst durch mannigfaltige Vorgänge nachträglich

ausgebildet worden. Man kann solche Täler als nachträgliche bezeichnen¹⁾; wer ohne ein Fremdwort nicht auskommt und es am liebsten aus dem amerikanischen Sprachgebrauche übernimmt, kann dafür „subsequent“ sagen, was ja in der englischen Sprache nachträglich, nachfolgend bedeutet.²⁾

Nachträgliche Bildung von Tälern ist auf dreierlei Weise möglich. In einem bis dahin unzertalten Gebiete können Täler neu gebildet werden. So in Plateaus, deren Flüsse nur am Rande das zur Erosion nötige Gefälle haben, während in den inneren Teilen die Flüsse träge hinschleichen oder gar das Wasser im Boden versinkt. Die Erosion ist hier mittelbar. Aber diese mittelbare Erosion ist im allgemeinen auf Tafelländer und andere Plateaus beschränkt, während sie in Faltengebirgen, in zerstückelten Schollengebieten und in Vulkanlandschaften meist sofort einsetzen kann, unmittelbar ist (s. o. S. 30). Zweitens können in Kalkgebieten Höhlengänge, also unterirdische Täler, durch Einsturz der Decke in oberirdische umgewandelt werden, und ich möchte nach Beobachtungen im Schweizer Jura glauben, daß dieser Vorgang heute oft unterschätzt wird. Drittens können Flüsse, die ihre Täler dank größeren Gefälles oder größerer Wasserführung schneller einschneiden als andere, siegreich in deren Gebiete eindringen und sie von der Seite oder von der Quelle her anzapfen, was *Davis* enthaupten, *Penck* entwurzeln nennt.

Davis und seine Jünger haben die nachträgliche Talbildung und den Wettbewerb der Täler unter einander eingehender verfolgt und dadurch die Entstehung vieler Täler klar gelegt. Aber sie sind dabei zu einseitig vorgegangen. Sie sehen die Ursache ungleicher Intensität der Erosion vorzugsweise in der verschiedenen Härte des Gesteins: wenn Gesteine von verschiedener Härte an die Oberfläche treten — hierfür bedienen sie sich meist jener oben erwähnten Hilfskonstruktion einer Kappung des Gebirges durch eine Rumpffläche —, schneiden

1) „Nachfolgende Täler“ zum Unterschied von den „Folgetälern“ (*Penck*) empfiehlt sich nicht, weil „folgen“ und „nachfolgen“ im gewöhnlichen Sprachgebrauche dasselbe sind.

2) *Davis* beschränkt den Ausdruck „subsequent“ auf eine bestimmte Art nachträglicher Täler. Er beruft sich dabei auf *Beete Jukes* im Q. J. XVIII, 1862, S. 400; aber dieser sagt an der betreffenden Stelle, daß gewisse Längstäler nachträglicher Entstehung (*of subsequent origin*) seien; das ist doch etwas anderes. Für nachträglich gebildete Quertäler mußte *Davis* nun andere Ausdrücke: obsequent usw. erfinden. Eine solche Verbindung der Entstehungszeit und der Richtung des Tales in einem Ausdruck ist unzweckmäßig. *Krümmel* u. *Hch. Fischer* haben sich bei ihrer Verdeutschung nur an die letztere gehalten.

die Flüsse in den weichen Gesteinen Täler ein, die schnell nach hinten fortschreiten und die benachbarten Täler anzapfen. Da die Gesteinszonen meist in der Längsrichtung der Gebirge verlaufen, sollen auf diese Weise, wie zuerst *Beete Jukes* ausgesprochen hat, hauptsächlich nachträgliche Längstäler entstehen. An sie schließen sich nachträgliche Quertäler an, die *Davis* und mit ihm das Pidjin-Deutsch der jüngeren deutschen Morphologen je nach ihrer Richtung als „obsequent“ oder „resequent“ bezeichnen.

Ich will hier davon absehen, daß die Begriffe „hart“ und „weich“ zu unbestimmt sind. Ich will auch davon absehen, daß die Härte des Gesteins oft nicht beobachtet, sondern nur aus dem Talnetze erschlossen wird, daß also ein Zirkelschluß vorliegt. Aber gegen die vorschnelle und einseitige Berufung auf das Gestein muß ich Einspruch erheben; denn die nachträgliche Talbildung kann auch andere Ursachen haben, und für die großen Längstäler der Alpen wird man kaum ohne tektonische Ursachen auskommen.

So hat die verschiedene Steilheit der beiden Seiten eines Gebirges verschiedene Stärke der Erosion und damit Verlegungen der Wasserscheide zur Folge, wofür das Vordringen der Täler von dem steilen Westabfalle des Schwarzwaldes auf die sanfte Ostabdachung ein nahe liegendes Beispiel ist. Auch der Einfluß eines starken Gegensatzes von Regen- und Trockenseite, auf den *Krümmler* hingewiesen hat, dürfte kaum zu bestreiten sein. Er ist am auffallendsten, wenn der Fluß eines regenreichen Abhanges den Kamm durchschnitten hat und nun in ein trockenes Zentralgebiet eingreift. Am Durchbruche des Rio de La Paz¹⁾ durch die bolivianische Ostkordillere kann man das mit aller Deutlichkeit beobachten, und dieselbe Ursache dürften die Durchbruchstäler des Himalaja haben, die gleichfalls von einer steilen und regenreichen Vorderseite her mehr oder weniger tief in und bis hinter das Gebirge zurückgreifen.²⁾ Manchmal scheint die Bildung von Quertälern dadurch eingeleitet worden zu sein, daß Gletscher über Einsattelungen der Seitenkämme übergeflossen sind und die Einsattelung erniedrigt haben; der Fluß hat in der Bahn des Gletschers weiter gearbeitet.

So tritt uns eine große Mannigfaltigkeit der für die Richtung und Anordnung der Täler maßgebenden Ursachen entgegen. Jeder Versuch einer Erklärung muß alle Möglichkeiten ins Auge fassen. Die deduktive Betrachtung führt leicht zur Einseitigkeit, weil sie von vornherein eine

1) Verh. d. Ges. f. Erdkde. zu Berlin 1889, Heft 3.

2) Vgl. die Ausführungen von *Hch. Schmitthenner*, Geographische Zeitschrift 1916 S. 259ff.

bestimmte Ursache annimmt und aus ihr die Wirklichkeit ableitet. Sie zeigt jedoch nur, daß die Erklärung möglich, nicht aber, daß sie richtig ist, d. h. daß der abgeleitete Entwicklungsvorgang der wirklichen Entwicklung entspricht; Unterordnung unter ein erdachtes Schema ist keine gültige Erklärung. Die wissenschaftliche Untersuchung muß zunächst induktiv und analytisch sein, von den beobachteten Tatsachen ausgehen, und, mit der einfachsten beginnend, alle Möglichkeiten der Erklärung prüfen, ehe sie ein Erklärungsprinzip durchführen darf.

Bei der Untersuchung der Talrichtungen sind verschiedenerlei Tatsachen zu beachten. In erster Linie steht die Prüfung ihrer Beziehungen zum inneren Bau und zur ursprünglichen, vor dem Beginne der Abtragung vorhandenen oder vorauszusetzenden tektonischen Form und Oberfläche. Sie ist manchmal sehr einfach, andere Male sehr schwierig, weil bei weit fortgeschrittener Zerstörung des Gebirges die Rekonstruktion der tektonischen Oberfläche zweifelhaft bleibt; aber sie ist nötig, um zu einem sicheren Urteile darüber zu gelangen, ob ein Tal rechtsinnig, konkordant, d. h. tektonisch bestimmt, oder widersinnig, diskordant ist, dem inneren Bau widerspricht. Zweitens muß man das Alter der Täler prüfen. Durch die Untersuchung alter, als Terrassen erhaltener Talböden kann man feststellen, ob das Tal schon vor den letzten Hebungen vorhanden war und ob die Größe des damaligen Flusses ungefähr der des heutigen Flusses gleichkam oder nicht; das ist eines der wichtigsten Kennzeichen zur Unterscheidung überlebender (antezedenter) und nachträglicher Täler. Aus der Form der Täler, dem Vorhandensein von Talwasserscheiden und der Kleinheit der Flüsse im Verhältnis zum Tal kann auf Flußverlegungen geschlossen werden. Die Übereinstimmung oder der Gegensatz der Richtung benachbarter Flüsse weist auf übereinstimmende oder widersprechende Bildungsgeschichte hin. Um zwischen den verschiedenen Ursachen nachträglicher Talbildung zu entscheiden, muß man zusehen, ob das Tal mit der steileren Abdachung der tektonischen Oberfläche, mit größerem Wasserreichtum, mit weniger widerständigem Gestein zusammenfällt; die Erklärung durch „Weichheit“ des Gesteines ist so lange unsicher, als diese nicht direkt nachgewiesen ist. Eine Forschung, die sich über alle diese Nachweise wegsetzt, ist unsolid. *Davis'* eigene Untersuchungen beruhen auf sorgfältiger Prüfung der Tatsachen; aber viele seiner Gefolgsleute haben sich verleiten lassen, die genaue Beobachtung und induktive Untersuchung zu überspringen und uns deduktive Phantasien als wissenschaftliche Tatsachen vorzusetzen.

Die Betrachtung darf nicht bei den einzelnen Tälern stehen bleiben, sondern muß auf deren Gesamtheit, auf die Talnetze und Tal-systeme, gerichtet sein; denn die Geographie muß es immer auf die ganze Landschaft absehen. Ansätze dazu finden wir ziemlich früh, aber bei der Schwierigkeit des Gegenstandes ist es lange bei Ansätzen und einseitiger Auffassung geblieben. Man kann zwei Perioden der Auffassung unterscheiden. In der ersten faßte man nur oder doch vorzugsweise die Abhängigkeit der Talsysteme vom inneren Bau der Länder ins Auge; z. B. erkannte man in einfachen Faltengebirgen den regelmäßigen Wechsel von Längs- und Quertälern und die Anordnung der Längstäler in Talzüge. In der zweiten untersuchte man mehr die nachträgliche Umbildung, den Gegensatz der Täler gegen einander, ihren Kampf um die Wasserscheide, der die Abhängigkeit vom inneren Bau bis zu einem gewissen Grade aufhebt oder wenigstens in andere Richtung leitet. Hierbei haben sich *Davis* und seine Schüler zweifellos große Verdienste erworben; denn die folgerichtige Durchbildung eines Erklärungsprinzips ist immer geeignet, Ordnung und Klarheit in eine Masse von Erscheinungen zu bringen. Sie haben sich nur leider zu einseitig der deduktiven Methode bedient und die Prüfung ihrer Schlüsse an den Tatsachen vernachlässigt.

Nach *Davis* bilden sich durch die nachträgliche Anpassung der Flüsse an das Gestein bestimmte, regelmäßig wiederkehrende Talrichtungen, z. B. die Längstäler in weichen Gesteinen, aus; das Talnetz bekommt infolgedessen einen bestimmten Charakter, der von dem ursprünglichen, tektonisch bestimmten, rechtsinnigen oder konkordanten verschieden, widersinnig oder diskordant ist. Dadurch wird das Alter der Landschaft für deren Bild bedeutsam; denn die nachträgliche Talbildung braucht Zeit und wird um so mehr zur Geltung kommen, je längere Zeit seit der Anlage des Landes verflissen ist. Während es anfangs nur tektonisch bestimmte und überlebende (antezedente) Täler gibt, bilden sich später immer mehr auch nachträglich gebildete Täler aus und gewinnen oft sogar die Oberhand. Der Einfluß der tektonischen Oberfläche tritt somit immer mehr hinter dem der Arbeitskraft der Flüsse zurück. Es muß an den Tatsachen geprüft werden, wie weit die Gültigkeit dieses Prinzips reicht. Wenn *Davis* auch die Dichte (Textur) des Talnetzes mit dem Alter zunehmen läßt, so ist das nicht allgemein, sondern nur für Plateaulandschaften richtig; in Kettengebirgen können vielleicht sogar, wie *Eduard Richter* meint, kleinere Täler allmählich durch die größeren aufgesogen werden.

Wichtiger als das Alter ist auch für das Talnetz die Art der Talbildung. Wie schon die ursprüngliche Anlage der Talnetze bei verschiedenem Gebirgsbau und überhaupt unter verschiedenen Bedingungen verschieden ist, so vollzieht sich auch die nachträgliche Umbildung verschieden. Auch im fortgeschrittensten Zustande der Zerstörung werden verschiedene Typen des inneren Baus verschiedene Talnetze zeigen, weil die Anordnung der Gesteine in ihnen anderen Gesetzen gehorcht. Noch viel mehr wird das bei Landschaften in einem mittleren Zustande der Umbildung, dem der Reife nach Davis' Ausdruck, der Fall sein. Die Auffassung der typischen Unterschiede der Talnetze bei wechselnden Bedingungen der Entwicklungsgeschichte, des inneren Baus, des Klimas ist eines der wichtigsten Ziele der geographisch-morphologischen Forschung. Sie hat, wenigstens beim gegenwärtigen Stande der Wissenschaft, vor der Auffassung der Altersstufen den Vorzug, daß sie die Formen unmittelbar an die Tektonik oder auch das Klima anknüpft und darum, was für die Geographie immer das Wichtigste ist, ihre Verteilung einigermaßen verstehen läßt, während wir über die geographische Verteilung der Altersstufen noch so gut wie nichts aussagen können.

So stellt sich uns die Anordnung der Täler und die Entstehung der Talnetze als ein überaus verwickeltes Problem dar, dessen Lösung wir immer anstreben müssen, das wir aber wegen der Bewegtheit der tektonischen Entwicklung in den meisten Gebieten und bei dem häufigen Wechsel der klimatischen Bedingungen nur ausnahmsweise ganz lösen können.

VI. Landterrassen, Rumpfflächen und andere Einebnungen.

Zu den auffallendsten Zügen im Bilde vieler Landschaften gehören große Flächen, meist nicht ganz eben, sondern sanft gewellt und öfters von einzelnen Bergen überragt, jedoch so flach, daß man von Ebenheiten oder Verebnungen sprechen kann. Manchmal liegen sie fast im Meeresspiegel, meist aber in größerer Meereshöhe, und dann sind sie, zwar nicht immer, jedoch oft, in kleineren oder größeren Abständen von Tälern zerschnitten. Sie bestehen nicht aus jungen Aufschüttungen der Flüsse, der Gletscher, des Windes, sondern aus älterem Gestein. Nur selten, wenn je, fallen sie genau mit Schichtoberflächen zusammen, so daß man ihre Entstehung mit der Ablagerung der Schichten in unmittelbarem Zusammenhang bringen könnte; vielmehr schneiden sie die Schichtflächen fast immer

unter einem Winkel, sind nach dem treffenden Ausdrucke *Supans* Schnittflächen. Sie müssen also Gebilde der Zerstörung und Abtragung sein, worauf auch die öfters noch vorhandenen Reste überlagernder Schichten hinweisen. Aber solche Schnittflächen brauchen keine Rumpfflächen zu sein; denn von solchen darf man nur sprechen, wenn die ganze Landschaft mehr oder weniger eingeebnet ist, und auch der ungefähr gleichbedeutend damit gebrauchte Ausdruck Fastebene (*Peneplain*) der *Davisschen* Schule kann auf sie nicht ohne weiteres angewandt werden, weil auch in ihm zwar nicht sprachlich, aber nach der von *Davis* gegebenen Definition Einebnung der ganzen Landschaft, und zwar auf das Gleichgewichtsprofil der Flüsse hin, liegt. Durch die Verwechselung der Ausdrücke hat man viel unnötige Verwirrung in die Erörterung hineingetragen.

Wie hat es die Natur zu Wege gebracht, solche ebene oder sanftwellige Flächen zu erzeugen, da uns doch die unmittelbare Beobachtung als Wirkung der Abtragung vielmehr die Entstehung von Unebenheiten zeigt und Einebnungen nur durch Ablagerung zu Stande zu kommen scheinen? Hier liegt ein schwieriges Problem vor, und es ist begreiflich, daß heute das Augenmerk der Morphologen darauf mehr als auf etwas anderes gerichtet ist, daß es das meist erörterte Problem der geographischen Formenlehre ist. Und das um so mehr, als die Behauptung oft erneuter gewaltiger Hebungen des Landes damit in Zusammenhang gebracht wird.

1. Landterrassen.

Die erste Form dieser Ebenheiten, die zum Gegenstande des Studiums gemacht worden ist, sind die großen Landterrassen¹⁾, die gerade in den drei Ländern, in denen die wissenschaftliche Forschung am meisten gepflegt worden ist, in großer Ausdehnung auftreten. Sowohl Südost-England wie Nordost-Frankreich, Lothringen und Südwest-Deutschland sind ausgesprochene Stufenlandschaften, in denen weit hinstreichende Landstufen mit breiten Ebenheiten oder Landterrassen wechseln; uns Deutschen muß die südwestdeutsche Stufenlandschaft als Paradigma dienen. Die Landschaft im ganzen ist nicht eingeebnet, sondern gerade der regelmäßige Wechsel von Stufen, vor denen sich meist isolierte Vorberge erheben, und Ebenheiten, also die Unebenheit,

1) Die von *Martonne* gewählte Bezeichnung *plateforme structurale* im Gegensatz zu den *plateformes d'érosion* erscheint mir wenig deutlich; denn sie sind, wie diese, nicht unmittelbar im Bau begründet, sondern Gebilde der Abtragung über die Fläche (nicht der Erosion im engeren Sinne), und auch bei diesen spielt der Bau eine Rolle.

das Vorhandensein großer Gegensätze ist charakteristisch; darum ist es von vornherein ein Fehler, wenn man die Landterrassen mit Rumpfflächen verwechselt. Man mag aus theoretischen Gründen eine Rumpffläche (oder Fastebene) über die oberen Kanten der Stufen legen — davon wird zu reden sein —; aber in ihrer heutigen Form sind die Stufenlandschaften keine Rumpfflächen.

Die Landstufen sind, wie jedes geologische Profil auf den ersten Blick erkennen läßt, keine in Verwerfungen begründeten Bruchstufen, sondern Gebilde der Abtragung und zwar einer Abtragung von sehr bedeutenden Ausmaßen, da ganze Formationen — in Süd-Deutschland über dem Buntsandstein die ganze übrige Trias und der ganze Jura — abgetragen worden sind; man hat sie als Schichtstufen bezeichnet. Wohl aber zeigt sich sofort eine Beziehung zum Gestein. Sie bestehen in ihrem oberen Teil aus Kreide oder Kalk oder reinem Sandstein. Diese Gesteine ziehen sich auch in die Hochflächen hinüber und machen erst weiterhin Tonen, Mergeln und anderen weichen Gesteinen Platz, die dann auch den unteren Teil der folgenden Landstufe zusammensetzen. Daraufhin haben die schwäbischen Geologen früh die Abhängigkeit der Stufenbildung von dem Gesteinswechsel der flach lagernden Schichten ausgesprochen. Man hat wohl nicht so genau darauf geachtet oder es wenigstens nicht so genau ausgedrückt, daß die Landterrassen nicht in ihrer ganzen Ausdehnung mit der gleichen Schicht zusammenfallen, sondern flacher als die Schichten geneigt sind, also nach hinten auf immer höhere Schichten übergehen, keine Schicht-, sondern Schnittflächen sind.¹⁾ Als das später deutlicher in das Bewußtsein trat, glaubten viele, darin einen Grund gegen die Abhängigkeit der Stufen- und Terrassenbildung vom Gestein sehen zu müssen, und noch heute spielt diese kurzsichtige Beweisführung in der Literatur eine große Rolle. Aber die Abhängigkeit vom Gestein ist damit keineswegs beseitigt. *Georg Wagner* hat durch die Berechnung der auf die verschiedenen Schichtgruppen entfallenden Flächen gezeigt, daß die Ebenheiten größtenteils im Bereiche der weichen, d. h. wenig widerständigen, Schichten bleiben; der Kamm der Stufen ist immer an widerständige Gesteine geknüpft. An dieser Abhängigkeit läßt sich nicht rütteln; sie muß den Ausgangspunkt jeder Erklärung bilden.

Die große Lücke der Auffassung bestand darin, daß man sich mit der Aufstellung der Abhängigkeit begnügte und keinen Versuch machte, den Mechanismus der Abtragung zu erklären und die Entstehung der Landstufen und Landterrassen in Beziehung zum Ein-

1) *R. Gradmann*, Das Schichtstufenland, Z. G. f. E. 1919 S. 113ff. erwähnt, daß *Gümbel* das bereits bemerkt habe.

schneiden der Täler zu setzen. Auf diese Lücke der Erkenntnis hat erst 1882 *Tietze* energisch hingewiesen. Man muß sich klar darüber werden: durch welche Kraft wird das Material weggeschafft, und welche Kraft kann so arbeiten, daß aus der Abtragung ebene Flächen hervorgehen? Von Meereswirkung, an die ja die ältere Geologie immer zuerst dachte, ist keine Spur vorhanden. Der Wind, an den später *Walther* unter dem Eindrucke seiner Wüstenforschungen gern appellierte, kann in feuchten Klimaten nicht in Betracht kommen, und es geht nicht an, immer gleich mit durchgreifenden Klimaänderungen zu rechnen; wahrscheinlich wird man eher die Stufenlandschaften der Wüste auf ein ehemals feuchteres Klima zurückführen müssen. Inlandeis kann keine Ebenen erzeugen. Die wirksame Ursache muß also das Wasser des Festlandes sein; aber wie kann dieses Ebenen schaffen? Diese Überlegungen haben *Powell* und *Dutton* im Gebiete des Colorado-*cañon*, wo in einiger Höhe, von kleineren Terrassen abgesehen, die sog. Esplanade weit zurück springt und erst in deren Hintergrunde wieder Felswände aufsteigen, hat im Anschlusse an sie auch mich bei der Untersuchung der sächsischen Schweiz auf den Gedanken geführt, daß die Abtragung in einem Zustande des Gleichgewichtes der Erosion stattgefunden habe, daß sich also die Landterrassen an heutige oder frühere, in der Form von Talterrassen erhaltene Talsohlen anlehnen müßten, wobei ich aber auch schon stark auf die Schwierigkeiten dieser Erklärung hingewiesen habe. Der Einfluß des Gesteins erschien als nebensächlich; in der sächsischen Schweiz ist ja der Gesteinsunterschied wenig auffallend, und eine genaue geologische Aufnahme fehlte damals noch. Dieser selbe Gedankengang ist ungefähr gleichzeitig der Ausgang von *Davis'* Theorie der Peneplains gewesen, die heute die Anschauungen vieler Morphologen beherrscht.

Inzwischen hat aber *Davis* selbst (1900) die Unabhängigkeit der Esplanade im Colorado-*cañon* von einer alten Talsohle und ihre Abhängigkeit vom Gestein nachgewiesen, und auch ich persönlich habe mich, in die schwäbische Stufenlandschaft versetzt, von dem dort fast aufdringlichen Einflusse der Gesteinsbeschaffenheit überzeugt, die gesuchte gleichmäßige Neigung der Landterrassen gegen alte Talsohlen nicht finden können. Ich habe daraufhin meine Ansichten über die Ebenheiten der sächsischen Schweiz nachgeprüft und abgeändert, auf ihre Unabhängigkeit von alten Talsohlen hingewiesen¹⁾, was aber später *Rassmus* und *Staff* nicht abgehalten hat, nicht nur die großen Ebenheiten, sondern auch die vielen kleineren, oft nur gesimsartigen

1) Geogr. Zeitschr. 1903 S. 621 ff., wo ich auch die Theorie der Stufenlandschaften besprochen habe.

Terrassen an den Felswänden und die Oberflächen der Tafelberge (Steine) als Peneplains im engeren genetischen Sinne zu deuten.¹⁾ Und diese Deutung spukt trotz ihrer Unsinnigkeit noch heute in der Literatur. Je genauer man die schwäbische und fränkische Stufenlandschaft untersucht, um so mehr befestigt sich die Überzeugung von der Abhängigkeit der Stufen- und Terrassenbildung vom Gestein und ihrer Unabhängigkeit von alten Talböden. Auch *Gradmann*, der eine Zeit lang wenigstens die Muschelkalkfläche noch in Beziehung zu alten Talböden setzte, ist von dieser Auffassung zurückgekommen. Ich glaube, daß heute kein Kenner des Landes in den Fußlinien der Landterrassen noch alte Talböden sieht.

Nach dem Vorgange von *Gilbert* und *Richthofen* scheinen *Philippson* und wohl auch *Sölch* diese Abtragung über die Fläche den Flüssen selbst zuschreiben zu wollen, die sich im Zustande des Gleichgewichtes hin und her schoben und dabei alles höher liegende Land bis auf wenige Reste wegräumten. Aber die Beobachtung bietet keinen Anhalt dafür, und es ist auch theoretisch unwahrscheinlich, daß die Flüsse je so breite Talböden schaffen können, wie es zur Erklärung der Ebenheiten nötig ist (vgl. S. 35f.). Die Ursache kann nur in den kleineren Vorgängen der Abtragung gesucht werden; darin stimmen die meisten Vertreter der Peneplaintheorie und deren Gegner überein, und wenn man in den Wüsten an den Wind denken könnte, so kann in feuchten Klimaten nur das rieselnde und spülende Wasser in Betracht kommen. Der Gegensatz der Meinungen spitzt sich dahin zu, ob das Niveau der Abtragungsfläche von heutigen bzw. alten Talböden oder von bestimmten widerständigen Gesteinsschichten abhängt, ob sie eine Erweiterung von Erosions- oder von Denudationsterrassen sind (vgl. S. 43f.).

Die erstere Theorie erfordert die Annahme von Längsflüssen am Fuße der Stufen (subsequenten Flüssen nach *Davis*) und die Möglichkeit der Einordnung ihrer Talsohlen in ein und dasselbe Niveau, falls man nicht jede Landterrasse auf einen neuen „Zyklus“ zurückführen will, wie es einzelne Forscher wirklich getan haben. Aber solche Längsflüsse sind tatsächlich Ausnahmen und bedeuten, wenn sie vorhanden sind, ein zufälliges Zusammentreffen oder sind nachträglich, als Folge der Stufenbildung, angelegt worden. Von einer Abdachung der großen Landterrassen gegen die Flüsse ist in der Natur nichts zu bemerken; im Gegenteil sind sie ohne Rücksicht auf jene, manchmal sogar gerade von ihnen weg geneigt. Nur da, wo das Flußtal die Tiefenlinie

1) Der Nachweis für deren Abhängigkeit vom Gestein ist ganz neuerdings durch eine sorgfältige Untersuchung von *Lamprecht* geführt worden.

der Landterrasse schneidet, senkt sich diese in den heutigen oder alten Talboden ein. Und auch das nur, wenn der Fluß noch im weichen Gestein fließt und sich nicht inzwischen in das darunter liegende widerständige Gestein eingetieft hat, in welchem Falle die Tiefenlinie der Landterrasse in einiger Höhe darüber bleibt. Die Unabhängigkeit der Landterrassen von den Talböden ist aber bei der Auffassung jener als Peneplains im orthodoxen Sinne unerklärlich; diese kann damit als abgetan gelten.¹⁾

In meinem Aufsätze über die Felsbildungen der sächsischen Schweiz habe ich die Felsplatten und Ebenheiten durch das allmähliche Zurückweichen der Felswände erklärt, die durch das über den Schichtfugen oder über undurchlässigen Schichten austretende Sickerwasser unterminiert werden. Weiter hat dann *Schmittthener* den Vorgang verfolgt, indem er die Abtragung über die Fläche auf die Dellenbildung (vgl. S. 17f.) zurückgeführt hat.²⁾ Die auf allen Hochflächen vorhandenen, aber bisher wenig beachteten Dellen, die man gar für „greisenhafte“ Täler gehalten hatte, werden dadurch in ihr Recht als Träger eines der wichtigsten Akte der Abtragung eingesetzt. Durch sie kommt die flachwellige Gliederung zu Stande, die allen durch Abtragung entstandenen Hochflächen eigen ist. Ihr Auftreten ist an undurchlässiges Gestein gebunden und erfolgt je nach der Härte schneller oder langsamer. In durchlässigem Gestein hört sie auf; wenn die Dellenbildung die Oberfläche eines solchen erreicht, kommt sie mehr oder weniger zum Stillstande, das rinnende Wasser gräbt vielleicht noch eine Schlucht ein, trägt aber nicht mehr über die Fläche ab. Flächenhafte Abtragung in weichem undurchlässigem, lineare in durchlässigem Gestein stehen einander gegenüber, und dieser Gegensatz kommt zu deutlichem Ausdruck, wenn die beiden Gesteinstypen in einer Tafellandschaft wechsellagern.

Wie sich dieses Prinzip in der Wirklichkeit auswirkt, hängt von der Beschaffenheit und Lagerung des Gesteins ab. Bei raschem Wechsel der Gesteinsbeschaffenheit entstehen viele Stufen und Terrassen von kleinen Ausmaßen, bei großer Mächtigkeit gleichartiger Schichten wenige hohe Landstufen und ausgedehnte Landterrassen. Bei wagrechtlicher Lagerung erfolgt der Aufbau nur in der Senkrechten; bei mäßig geneigter Lagerung liegen die Landstufen, wenn auch in weiten Abständen, mehr neben einander.

1) *R. Gradmann* hat diese Auffassung in dem genannten Aufsätze zur Genüge widerlegt.

2) Die Entstehung der Stufenlandschaft. *Geogr. Zeitschr.* 1920 S. 207ff. *Philipppsons* Einwände dagegen (*Grundzüge* II 2, S. 342ff.) scheinen mir nicht stichhaltig zu sein.

Als Beispiel mag die schwäbisch-fränkische Stufenlandschaft dienen, in der die Schichten sanft nach SO und O geneigt sind. Die obersten weichen Schichten, soweit solche überhaupt vorhanden waren, sind bis auf kleine Reste abgetragen. Die Oberfläche wird im SO von dem mächtigen Schichtenkomplex des weißen Jurakalkes gebildet; aber sie ist keine ebene Schicht- oder Schnittfläche, sondern zeigt Stufenbildung in kleinem Maßstabe. Cañonartige Täler, zum Teil Trockentäler, sind eingeschnitten. Auf der Nordwestseite bildet die Alb eine große Landstufe mit Vorbergen, Zeugenbergen, die aus der allmählichen Zerstörung und Rücklegung der Stufe hervorgehen. Von ihr aus greifen tief eingeschnittene Täler im Widerspruche mit der Schichtenneigung weit in die Kalktafel ein. Der untere Teil der Stufe und ein Teil des Vorlandes wird durch die unter dem Kalke liegenden weicheren Schichten gebildet. Der weitere Verlauf ist nicht überall gleich, weil die Gesteinsbeschaffenheit auch in derselben Schicht wechselt; aber im allgemeinen folgen Terrassen und Stufen des Doggers, des Schiefers oder Kalkes des Lias, der zwei oder drei Keupersandsteine, des Hauptmuschelkalkes, des Wellenkalkes und des Buntsandsteins, bis schließlich im Schwarzwald, Odenwald und Spessart als letzte Landterrasse die wahrscheinlich schon in alter Zeit (im Permo-Karbon) entstandene Rumpffläche des Grundgebirges auftritt.¹⁾ Ihr Abfall gegen die oberrheinische Tiefebene ist anderer Art, ist eine Bruchstufe, wahrscheinlich von jüngerer Entstehung als die genannten Landstufen.

Diese Bodengestaltung ist auf flach geneigte Schichtentafeln beschränkt. Zwar kommt auch bei steilerem Einfall der Schichten, z. B. am Rigi, der Wechsel harten und weichen Gesteins zum Ausdruck; aber er rückt nah zusammen, und an die Stelle schwach geneigter Ebenheiten treten stärker geneigte Flächen. Solche lang hinstreichende, stark geneigte Stufen werden im amerikanischen Westen Schweinsrücken (*Hog Backs*) genannt, und auch die Bergrücken des nordwestdeutschen Berglandes haben zum größeren Teil dieses Gepräge. Bei noch steilerer Schichtenneigung ist die Stufenbildung auf die Talhänge beschränkt; sie zeigen über einander liegende Reihen von Zinken und Zacken, wie ich sie in besonders charakteristischer Ausbildung aus der Kordillere von Bogotá beschrieben habe. Ebenen können auf diese Weise nicht entstehen; Einebnungen bei steiler Schichtenlagerung sind anderer Entstehung.

Die ursprüngliche Entwässerung muß im Sinne der Neigung der Schichten erfolgt sein. Wenn sich durch die Abtragung Landterrassen

1) *Philippson* bestreitet das oder gibt es wenigstens nur in untergeordnetem Maße zu, aber ohne Angabe von Gründen.

und Landstufen ausbilden, wird ein Teil der Flüsse seine alte Richtung beibehalten, also die Stufen durchbrechen; Flüsse, die tatsächlich rechtsinnig oder konkordant sind, erscheinen dann als widersinnig oder diskordant (s. S. 63). Aber am Rande der Landstufe, z. B. am nordwestlichen Abfall der schwäbischen Alb, bilden sich neue Flüsse aus, die von der Landstufe weg der Schichtenneigung entgegen fließen, also scheinbar rechtsinnig, in Wahrheit aber widersinnig (nach der *Davisschen* Terminologie obsequent) sind. Sie schneiden sich rückwärts mehr oder weniger weit in die Landstufen ein und zapfen manchmal die oberen Talstücke der ursprünglichen Flüsse ab, so daß man über eine Talwasserscheide aus dem einen Flußgebiete in das andere kommt; *Davis* hat diesen Übergang aus der schwäbischen Alb und aus anderen Gebieten beschrieben.¹⁾ Widersinnige Flüsse können aber auch aus der Zeit vor der Aufrichtung der Schichten stammen, überlebend (antecedent) sein; nur nach eingehender Untersuchung wird man ein Urteil über ihre wirkliche Entstehung abgeben können.

Das Alter der Landterrassen ist oft schwer zu bestimmen. Sie sind selbstverständlich jünger als die jüngsten an der Zusammensetzung der Terrassen und Stufen teilnehmenden Schichten, und auch jünger als oder wahrscheinlich in ihren Anfängen gleich alt mit den Hebungen, durch die die Schichten in ihre heutige Lage gebracht worden sind; denn die Bildung der Stufen muß sofort mit der Hebung beginnen, schreitet dann aber langsam fort. Die meisten heutigen Stufenlandschaften sind wahrscheinlich ziemlich jung, gehören erst der Tertiärzeit an. In mehreren Fällen, z. B. bei Alpirsbach im südlichen Schwarzwald und am Katzenbuckel im Odenwald, bezeugen Gesteinsbrocken in durchsetzenden Vulkanschlotten, daß bei deren Bildung noch eine mächtige Schichtendecke darüber lag, die heute verschwunden ist. Andererseits weisen oligozäne bis pliozäne Schotter und Tone an der Oberfläche der Landterrassen auf fortgeschrittene Bildung in diesen Abteilungen der Tertiärzeit hin. Das Altersverhältnis zu den Tälern läßt sich meist schwer bestimmen, weil die beiden Vorgänge unabhängig von einander sind. Die Bildung der Ebenheiten geht in der Höhe über den Tälern vor sich, deren Einschnitt also nicht jünger zu sein braucht als die Ebenheiten, wie man beim ersten Anblicke unwillkürlich meint und wie wohl die meisten Morphologen annehmen. Daß die durch die Täler getrennten und unabhängig von einander gebildeten Ebenheiten doch die gleiche Höhe haben, erklärt

¹⁾ *Drainage of Cuestas* Proceedings of Geologists' Association Vol. XVI, Part 2, May 1899.

sich aus der Gleichheit der Lagerungsverhältnisse und der Gesteinsbeschaffenheit.

Ramsay hielt zur Erklärung der Stufenlandschaften eine vorangehende Kappung der ganzen geneigten Schichtentafel bzw. des flachen Schichtengewölbes durch eine Ebene mariner Abrasion für nötig, weil nur dadurch die weichen Schichten der Zerstörung preisgegeben worden seien. Die *Davissche* Schule folgt ihm darin, nur daß sie an die Stelle der marinen Abrasion eine „Peneplain“ festländischer Entstehung setzt. Mit der Erklärung der Stufen und Terrassen, die doch gerade das Problem ist, beschäftigt sie sich dann kaum noch, sondern tut sie mit dem Worte „Ausraum“ ab; „wenn die Begriffe fehlen, stellt ein Wort zur rechten Zeit sich ein“. Die Annahme einer solchen abschneidenden Fläche ist keine beobachtete Tatsache, wofür man sie naiver Weise manchmal genommen hat, sondern eine Hilfskonstruktion; denn diese Einebnungen sind nirgends zu sehen. Aber als solche ist sie überflüssig. Auch ohne Kappung durch eine Fläche mariner oder festländischer Einebnung werden die Höhen bei der Abtragung einigermaßen ausgeglichen werden, und eine vollkommene Ausgleichung, wie sie durch eine vorausgegangene Einebnung erfordert würde, ist in Wirklichkeit gar nicht vorhanden. *Neumayr*, *Penck*, *Ed. Richter* und neuerdings besonders energisch *Gradmann*¹⁾ haben darauf hingewiesen, daß die Abtragung mit der Höhe stärker wird, wobei die einen mehr die Meereshöhe mit ihrer größeren Frostverwitterung, die anderen, wohl richtiger, hauptsächlich die größere Erhebung über dem Talboden betont haben. Denn je größer diese ist, um so tiefer schneiden sich die Flüsse ein, um so mehr können sich Verwitterung und Bodenbewegung entfalten, um so rascher und größer wird die Zerstörung und Abtragung sein. Gleichgültig, ob wir uns z. B. die geneigte Tafel Schwabens und Frankens beim Beginne der Abtragung in ihrem vollständigen inneren Bau vorstellen, so daß die Abtragung erst nachher einsetzte, oder allmähliche Hebung annehmen, mit der die Abtragung bis zu einem gewissen Grade Schritt hielt, so mußten an der Stelle der größten Hebung, also über dem Schwarzwald und Odenwald, die höheren Schichtgruppen zuerst und am vollständigsten abgetragen werden, konnten hier nur die tieferen Schichten, am Westrande nur das Grundgebirge, erhalten bleiben, und erst wenn wir im Sinne der Schichtenneigung ostwärts wandern, können wir auch die höheren Schichten noch antreffen.

1) Das Schichtstufenland, Zeitschr. d. Ges. f. Erdkde. 1919 S. 113 ff.

Dieser ohne Annahme einer vorangehenden Kappung abgeleiteten Vorstellung entspricht die wirkliche Bodengestaltung. Die tertiäre Einebnung Südwest-Deutschlands kann in das Reich der Phantasie verwiesen werden. Zu einem ähnlichen Ergebnis scheint, trotz *Philippi* und seiner Nachfolger, die nähere Untersuchung Lothringens durch *Schmittthener*, Thüringens durch *Weber*, zu führen, und es wird sich vermutlich auch in anderen Ländern bestätigen. Für die Annahme von „Peneplains“ im Bereiche der Stufenlandschaften liegt auch in dieser anderen Form kein Grund vor.

2. Andere Einebnungen der Gegenwart.

Landterrassen sind die charakteristischen Einebnungen der Tafellandschaften, d. h. weiter Gebiete flach lagernder Schichten von wechselnder Widerständigkeit; außer in eigentlichen Schichtgesteinen können sie sich auch in weiten Basaltdecken ausbilden. Aber auch in Faltungsgebieten und Gebieten von Massengesteinen finden sich Ebenheiten, und auch die Ebenheiten in Tafellandschaften können einen anderen als den bisher besprochenen Ursprung haben.

Eine besondere Klasse von Ebenheiten sind die Strandplatten, die sich, mehr oder weniger breit, an vielen Küsten finden und sich, sanft geneigt, einerseits manchmal bis zu beträchtlicher Meereshöhe, andererseits untermeerisch weit in das Meer hinein verfolgen lassen. Am bekanntesten sind die skandinavische Strandplatte, besonders an der norwegischen Westküste, wo sie sich stark vom Hochlandsrand dahinter abhebt, oder auch die von *Theobald Fischer* beschriebene Strandplatte an der Westküste von Marokko. Obgleich manche Forscher, wie *Ahlmann*, festländische Entstehung dieser Strandplatten auf Grund der Peneplaintheorie annehmen, ist für sie doch Entstehung durch marine Abrasion, d. h. durch die Arbeit der Brandungswelle, wahrscheinlich, und auch ein so eifriger Anhänger von *Davis* wie *D. W. Johnson* kehrt jetzt zu dieser Auffassung zurück, ja wendet sie auch auf Ebenheiten an, für die sie kaum noch gelten dürfte. Er weicht nur darin von *Richtshofen*, dem Urheber der Theorie mariner Abrasion, ab, daß er eine Senkung des Landes für unnötig hält, die Abrasion vielmehr bei gleichbleibendem Meeresspiegel in größtem Ausmaße arbeiten läßt. Das beste Kennzeichen mariner Abrasion ist natürlich Überdeckung mit marinen Ablagerungen und das Vorkommen der Reste von Seetieren; aber auch die Verteilung der immer vorhandenen Unebenheiten dürfte bei marinen und bei festländischen Ablagerungen verschieden sein und darum als Kennzeichen dienen können. Bei mariner Bildung erklärt es sich leicht,

wenn die Felsplatte scharf an einem Berghang absetzt; die Fußlinie bezeichnet eben die äußerste Ausdehnung des Meeres.

Andere Felsplatten sind an ein klimatisches Niveau gebunden. Auf die Möglichkeit einer solchen Entstehung hat schon vor längerer Zeit *Ed. Richter* hingewiesen.¹⁾ Wenn glaziale Kare allmählich zurückgelegt werden, können die Karböden erhalten bleiben und die Böden benachbarter Kare durch die Abtragung der trennenden Wände zu Karplatten zusammenwachsen. Auch die auf den entgegengesetzten Seiten eines Kammes gelegenen Kare werden sich einander immer mehr nähern, die trennenden Kammstücke immer schmaler werden und schließlich ganz verschwinden, so daß die beiderseitigen Kare zusammenstoßen und verschmelzen; an die Stelle des ehemaligen Kammes tritt eine flach gewölbte Hochfläche, die man als *Karplatte* bezeichnen kann. Unvollendete Karplatten sind aber schwer von alten Talböden zu unterscheiden, und die Meinungen darüber gehen oft sehr aus einander (vgl. S. 39). In Gebirgen von alpinem Bau werden diese Hochflächen, weil sie den einzelnen Ketten angehören, nur schmal sein, aber auf allen Kämmen wiederkehren. In einem geschlossenen Hochlande, wie dem norwegischen, könnten sie größere Ausdehnung haben; aber ob wirklich solche Hochflächen wie die norwegischen Fjelde auf diese Weise entstanden sind, ist zweifelhaft. Als Erkennungszeichen würden Lage im Niveau der Firngrenze und glaziale Bearbeitung dienen.

*Passarge*²⁾ will in ähnlicher Weise Felsplatten in der Mattenregion über der oberen Waldgrenze entstehen lassen, in der wegen der Lockerheit der Pflanzendecke die Abtragung viel stärker als im Walde sei. Einen Nachweis solcher Entstehung hat er jedoch nicht geliefert, und auch die innere Wahrscheinlichkeit dafür ist gering, weil die Abtragung im Walde nicht so unbedeutend ist, wie er sie einschätzt.

Daß eine Tendenz der Einebnung auf eine Erosionsbasis besteht, soll nicht geleugnet werden; die Frage ist immer nur, ob sie sich, manchmal im Kampfe mit anderen Tendenzen, durchgesetzt hat. Die allgemeine Erosionsbasis würde der Meeresspiegel und im Anschluß daran die Sohle der großen Täler sein; daneben treten aber örtliche Erosionsbasen auf.

Solche sind in Karstgebieten die Stellen, wo, meist am unteren Ende von Poljen, die Flüsse im Boden versinken; gegen die Schlundlöcher und den Boden der Poljen hin wird das Land von allen Seiten

1) Sitz.-B. d. Ak. d. Wiss. Wien, math.-nat. Kl. CV S. 147ff. Vgl. Geogr. Zeitschr. 1897 S. 47.

2) Physiologische Morphologie S. 42.

her abgeflacht und eingeebnet. Dadurch entstehen zwar keine wirklichen Ebenen, weil die verschiedenen Einebnungen immer durch Bodenschwellen und Felsriffe von einander getrennt bleiben; aber bei der Geringfügigkeit der Höhenunterschiede kann man bei einem Überblick über eine solche Landschaft wohl den Eindruck zusammenhängender Rumpfflächen bekommen und jene Schwellen und Riffe als unwesentliche oder nachträglich gebildete Störungserscheinungen ansehen. In solche Hochflächen schneiden von den Rändern her einzelne Täler ein, die meist oder doch oft durch die Umwandlung unterirdischer Höhlengänge entstehen. Charakteristisch bleibt immer der weite Abstand der Flüsse und Täler.

Auch Zentralgebiete im *Richtthofen*schen Sinne, d. h. Gebiete des Versiegens der Flüsse, sind Gebiete einer örtlichen Erosionsbasis; aber anders als in Kalklandschaften müssen die Flüsse hier Schutt ablagern und die Becken auffüllen. Wenn sich in der Wirklichkeit diese Schuttauuffüllung nicht so mächtig herausstellt, wie man angenommen hatte, wenn der Schutt oft nur in geringer Mächtigkeit über einer Felsplatte lagert, wie am Fuß des kastilischen Scheidegebirges oder, nach *Passarge*, in den algerischen Schotts, so müssen hier neben der Ablagerung besondere Vorgänge der Abtragung wirksam gewesen sein, für die wir wohl nicht nur den Wind verantwortlich machen dürfen, für die wir vielmehr auch eine besondere, klimatisch bedingte Wasserwirkung in Anspruch nehmen müssen. Es besteht hier wohl eine Verwandtschaft mit der Entstehung der Inselberglandschaften, denen sich in den letzten Jahrzehnten besondere Aufmerksamkeit zugewandt hat.

Die eigentümliche Erscheinung der Inselberge, die ohne Fußhalde jäh aus sanft geneigten, meeresgleichen Ebenen aufsteigen und dadurch an Inseln erinnern¹⁾, sind zuerst von *Bornhardt* in Ost-Afrika erkannt und dann von anderen deutschen Forschern: *Passarge*, *Jaeger*, *Thorbecke*, *Obst*, *Waibel*, *Schmitthenner*, *Maull* u. a. besonders in anderen Teilen Afrikas, aber auch in Ost-Asien und Brasilien wiedergefunden und näher untersucht worden, während sie von den anglo-indischen Geologen in Indien kaum beachtet worden sind, obgleich sie sich hier der Untersuchung besonders bequem darbieten. Soweit sich bisher übersehen läßt, treten sie in allen Erdteilen, hauptsächlich (oder nur?) in alten Massiven auf, sind aber auf periodisch feuchte Klimate (Savannenklimate) beschränkt und erstrecken sich, mit gewissen Abänderungen, nur im ostasiatischen

1) Man sollte den Eindruck auf solche Berge, für die er geschaffen worden ist, beschränken und nicht auf andere isolierte Berge, Zeugenberge, ausdehnen.

Monsunklima in die gemäßigte Zone hinein. Die Bildung scheint durch den starken Gegensatz der Jahreszeiten bedingt zu sein: in der Trockenzeit sehr starke mechanische Verwitterung, oft in der Form der Abschuppung oder Desquamation des Gesteins, in der Regenzeit dann gewaltige Wirkung des spülenden Wassers, der sog. Schichtfluten¹⁾. Die Täler sind infolgedessen viel breiter als in unserem Klima, und häufig sind flußlose Talungen, warum *Brandt* die Landschaft von Rio de Janeiro als tallose Berge bezeichnet. Hier vollzieht sich der Vorgang der Einebnung wirklich so, wie man es für die Stufenlandschaften angenommen hat: die Felsebenen dehnen sich immer weiter aus, die Berge schrumpfen ein, werden isoliert, werden zu Restbergen. Man kann sich kaum anders denken, als daß sich die Felsplatten gegen den Meeresspiegel oder gegen breite Talböden oder örtliche Erosionsbasen abdachen.

3. Die Theorie der Rumpfflächen.

Nun erst, nachdem wir uns über die Einebnungen der Gegenwart unterrichtet haben, können wir uns dem Problem der Rumpfflächen zuwenden.

Im Jahre 1846 bemerkte der hervorragende englische Geolog *Ramsay* bei der Untersuchung des Berglandes von Süd-Wales, daß alle Kämme und Gipfel ungefähr gleiche Höhe haben und als aus einer ziemlich ebenen Fläche herausgeschnitten erscheinen, und er sah darin die ehemalige Oberfläche des Landes. Sie schneidet die steil gestellten und gefalteten Schichten ab, hat also mit der alten Faltung und den Dislokationen und überhaupt dem inneren Bau nichts zu tun, sondern steht im Widerspruch zu ihnen und muß auf einem Vorgange der Abtragung beruhen.²⁾ Diese Beobachtung und Schlußfolgerung ist der Ausgangspunkt für die Lehre von den Rumpfflächen, wie *Richtshofen* diese über ganze Landschaften hinziehenden Schnittflächen genannt hat.

Bei der leicht verständlichen Neigung der englischen Forscher, die Wirkungen des Meeres besonders zu betonen und in den Vordergrund zu stellen, erklärte *Ramsay* ihre Entstehung durch marine Abtragung, d. h. durch die abhobelnde Wirkung der Brandungswelle, und brachte die „Transgression“ der deckenartig darüber liegenden Schichten da-

1) Ich verdanke den Mitteilungen meines Freundes *Schmitthenner* manche Aufklärung über diese Probleme.

2) *Rep. Brit. Assoc.* 1847 p. 66 u. *Mem. Geol. Survey* vol. I. p. 297, später wiederholt in *Physical Geography and Geology of Great Britain*, 6. ed. 1894 p. 346f.

mit in ursächliche Verbindung. Später machte *F. v. Richthofen* im Gebirgslande Süd-Chinas, ohne Kenntnis der *Ramsays*chen Lehre, die gleiche Beobachtung, und auch er erklärte, da er die Kräfte des Festlandes für unzureichend hielt, die Bildung dieser ganze Gebirge abschneidenden Hochflächen durch die Wirkung der marinen „Abrasion“¹⁾. Er ging über *Ramsay* insofern hinaus, als er dafür eine Senkung des Landes für nötig hielt. Er übertrug diese Auffassung auch auf europäische Gebirge, bei denen der Widerspruch zwischen Oberfläche und Bau zwar der Beobachtung nicht hatte entgegen können, aber gedankenlos hingenommen und mit dem allgemeinen Worte Abtragung abgetan worden war. Während *Ramsays* Bemerkungen ziemlich ungehört verhallt waren, fand nun *Richthofens* Lehre große Beachtung und Anerkennung; eine Reihe von Jahren hat die Forschung mehr oder weniger in ihrem Banne gestanden, bis eine neue Theorie festländischer Abtragung und Einebnung neben sie trat und sie zurückdrängte. Aber die Theorie schwingt wie ein Pendel hin und her, und neuerdings schenkt man der marinen Abrasion wieder mehr Beachtung; ich habe schon erwähnt, daß *D. W. Johnson*, der Herausgeber von *Davis'* Essays, zur Theorie mariner Entstehung zurückgekehrt ist.

Die andere Theorie ist zunächst in Amerika ausgebildet worden und kann als Fortbildung und Erweiterung von *Powells* und *Duttons* Theorie der Entstehung der Landterrassen angesehen werden. Zwar hatten *Neumayr*²⁾ und *Penck*³⁾ die festländische Abtragung bis zur Erreichung einer Rumpffläche oder eines unteren Denudationsniveaus, wie *Penck* sich ausdrückte, behauptet, und ich hatte die Theorie der Erosionsterminante in dem Sinne weitergesponnen, daß sie die festländische Abtragung bis zur Einebnung erklärte (s. o. S. 33ff.); aber umfassender hat *Davis* diese Theorie zunächst für die Einebnung der pennsylvanischen Appalachen ausgebildet, dann auch auf viele andere Gebiete angewandt⁴⁾. Seine Theorie geht über *Powell* und *Dutton* insofern hinaus, als sie sich auch auf gefaltetes Land bezieht und die Einebnung ganzer Länder behauptet. Die Flüsse schneiden sich allmählich bis zum Gleichgewichtsprofil ein, und auch die Talhänge

1) *v. Richthofen*, China Bd. II, 1884, S. 766f.; ders., Führer für Forschungsreise, 1887, S. 353ff.

2) Erdgeschichte Bd. I, 1. Aufl. 1886, S. 447 u. 484f.

3) Schr. d. Ver. z. Verbreitung naturwiss. Kenntnisse Wien Bd. 27, 1886/87, S. 431ff. und in einem Vortrage über das Endziel der Erosion und Denudation auf dem Berliner Geographentage 1889.

4) *Nat. Geogr. Mag. I*, 1889, S. 183ff., abgedruckt in *Essays* 413ff.

werden immer mehr abgeschrägt und abgeflacht, bis sie sich nur noch wenig über die wagrechte Fläche erheben. Wenn sich dabei die Hänge benachbarter Täler verschneiden, so hat die wasserscheidende Schnittlinie nur noch geringe Meereshöhe; das ganze Land ist nahezu eingeebnet, ist eine Fastebene (*Peneplain*) geworden. Diese Auffassung steht mit *Davis'* Theorie der Lebensalter in engem Zusammenhang; denn die Fastebene, d. h. die fast völlige Einebnung, ist das Stadium der Greisenhaftigkeit, der Abschluß des Lebenszyklus, über den hinaus neues Leben, die Ausbildung neuer Formen, nur durch Hebung des Landes möglich wird. In unermüdlichem Eifer hat er seine Theorie immer von neuem verkündet und ihr weit reichende Anerkennung verschafft. Für die Einbürgerung in Europa wurde es namentlich bedeutsam, daß der französische Geolog *Lapparent* sie annahm und auf dem Geographenkongreß zu Berlin 1899 vortrug, und gerade in ihrer Verbindung mit der Lehre vom Zyklus, d. h. von der Wiederbelebung der Landoberfläche, kann sie bis heute oder konnte sie wenigstens bis gestern als die herrschende Lehre gelten.¹⁾

Ehe wir uns über das Wesen und die Bedeutung der großen durch Abtragung geschaffenen Einebnungen der Erdoberfläche Rechenschaft geben können, müssen wir eine einfache und unzweideutige Bezeichnung gewinnen. Die Vertreter der beiden Theorien bedienen sich leider auch verschiedener Ausdrücke. *Richthofen* und die Anhänger seiner Auffassung sprechen von Flächen der Abrasion und meinen damit nicht Abrasion oder Abhobelung überhaupt, sondern nur marine Abrasion, d. h. Abhobelung durch die Brandungswelle. *Davis* dagegen hat den Ausdruck *Peneplain* eingeführt, den man mit Fastebene verdeutscht hat, und hat auch diesem sprachlich an sich neutralen Ausdrücke eine bestimmte genetische Bedeutung, nämlich Einebnung durch festländische Kräfte auf das Gleichgewichtsprofil der Flüsse, beigelegt. Wer die Entstehung einer Abtragungsfläche unbestimmt lassen will, kann bei solcher Terminologie weder von Abrasionsflächen noch von Fastebenen sprechen, sondern muß sagen: diese Fläche ist eine Abrasionsfläche oder eine Fastebene. Die Wissenschaft verlangt aber zunächst einen beschreibenden Ausdruck, der die Erscheinung unabhängig von jeder Theorie über die Entstehung bezeichnet. Jeder auf eine Theorie begründete Ausdruck ist vergänglich und verhindert die Verständigung mit Anhängern einer anderen Theorie. Ein guter beschreibender Ausdruck ist das von *Richthofen* eingeführte Wort

1) Auch *Richthofen* hat später diese festländische Bildung neben der marinen als möglich angenommen (*Neumayers* Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen, 3. Aufl. Bd. I S. 247).

Rumpffläche, das nicht nur die weitgehende Einebnung, sondern zugleich den Widerspruch gegen den inneren Bau, die Zerstörung und Abtragung bis zur Unkenntlichkeit der tektonischen Oberfläche bezeichnet: von dem ursprünglichen Gebirge ist nur noch der Rumpf vorhanden. Wenn die Einebnung besonders auffallend ist, kann man von Rumpfebenen sprechen.¹⁾

Die Rumpfnatur, d. h. der bis nahezu zur Einebnung gediehene Widerspruch der Oberfläche gegen den inneren Bau, ist am deutlichsten bei steil gestellten und gefalteten Schichten, weil die Oberfläche dann in offenbarem Widerspruche zur Lagerung der Schichten steht. Man hat darum den Ausdruck Rumpf und Rumpffläche vielfach auf alte Faltengebirge beschränken wollen. Aber diese Beschränkung liegt nicht im Wesen des Rumpfes; auch in Schollenländern, in Tafelländern mit wagrechten oder schwach geneigten Schichten und in Vulkangebieten können die gleichen festländischen oder marinen Kräfte der Abtragung wirksam sein, gewaltige Gesteinsmassen abtragen und Rumpfflächen erzeugen. Allerdings tritt hier der Widerspruch zwischen Oberfläche und innerem Bau nicht so unmittelbar entgegen, sondern kann oft erst durch eingehende Untersuchung festgestellt werden. Man darf nicht Landterrassen, die an Landstufen absetzen, mit Rumpfflächen verwechseln; Tafellandschaften werden erst dann zu Rumpfflächen, wenn auch die Landstufen mehr oder weniger eingeebnet sind. Ich weiß nicht, ob es solche Tafellandsrümpfe gibt; aber in der Theorie liegt kein Grund vor, sie zu leugnen und den Ausdruck „Rumpf“ auf Faltenrümpfe zu beschränken.

Die Bildung einer Rumpffläche ist bei beiden Theorien ein erdgeschichtliches Ereignis von der größten Tragweite; aber je nachdem in verschiedenem Sinne. Bei mariner Abrasion ist die Einebnung wahrscheinlich an Senkung des Landes (bzw. Ansteigen des Meeresspiegels) geknüpft, die das Meer in das Land hinein vordringen läßt, aber nur einen mäßigen Betrag zu erreichen braucht, da auch die gewaltigsten Gebirge von der vordringenden Brandungswelle untergraben werden können. Bei festländischer Einebnung bedarf es keiner Senkung des Landes — nur darf keine Hebung stattfinden —, wohl aber sehr langer Zeiträume, damit die Kräfte des Festlandes eine solche Einebnung zu Stande bringen; denn wenn schon das Einschneiden der großen Täler

1) Der Ausdruck Fastebene (Penepplain) ist sprachlich weiter und umfaßt auch die Landterrassen. Das von *Philippi* u. a. gebrauchte Wort Landoberfläche enthält nichts von Einebnung und braucht nicht als Einebnungsfläche verstanden zu werden. Auch *Philipppsons* Bezeichnung Abtragungsfäche ist zu weit; denn eine solche braucht keine Ebene oder Fastebene zu sein.

langsam vor sich geht, so geht viel mehr Zeit auf das Einschneiden der kleinen und kleinsten Täler und noch sehr viel mehr auf die Abflachung der Talhänge, also auf die Einebnung der Landschaft bis zum Zustande der Greisenhaftigkeit, hin. Ich habe schon bei der Besprechung des Alters der Täler darauf hingewiesen (s. S. 49), daß man diesen Punkt zu leicht nimmt, der ungeheueren Länge der für die Talbildung erforderlichen Zeit zu wenig Rechnung trägt. Noch viel mehr gilt das von der Einebnung ganzer Länder, von der Bildung von Rumpfflächen oder Fastebenen. *Brückner* läßt die Einebnung des Schweizer Faltenjuras samt neuer Erhebung und Auffaltung in einem Teile der Pliozänzeit vor sich gehen und hat *Machatscheks* Einwand dagegen als unerheblich zurückgewiesen; er muß also der Pliozänzeit eine unermeßlich lange Dauer zuschreiben. Mit ähnlicher Länge geologischer Perioden arbeitet man auch sonst. Man ist ja in der Geologie gewöhnt, die geologischen Perioden lang anzusetzen; aber ein gewisses Maß sollte man darin halten, nicht zu verschwenderisch mit der Zeit umgehen.

Bei den meisten Rumpfflächen fehlen unzweideutig für den einen oder den anderen Ursprung sprechende Beziehungen. Namentlich gilt das von allen in älterer geologischer Vergangenheit gebildeten, fossilen, Rumpfflächen, und sie machen die Mehrzahl der deutlich erkennbaren Rumpfflächen aus. Spätere Dislokationen, Überlagerungen, Abtragungen haben bei ihnen die ursprüngliche Lage und Gestalt meist so verwischt, daß wir sie nur noch schwer beurteilen können. Nur eine eingehende Untersuchung, die das Alter und die Natur der überdeckenden Ablagerungen und alle Verhältnisse der betreffenden geologischen Periode sorgsam berücksichtigt, kann wenigstens zu Wahrscheinlichkeitsschlüssen über die Entstehung dieser fossilen Rumpfflächen führen, die als eines der wichtigsten geologischen Probleme angesehen werden muß, aber kein unmittelbares geographisches Interesse hat, da sie in keinem Zusammenhange mit der heutigen Landschaft steht; die Geographie nimmt diese alten Rumpfflächen als Tatsachen hin.

Sowohl nach der Theorie mariner wie nach der festländischer Entstehung wird die Einebnung ungefähr auf den Meeresspiegel hin, im einen Falle etwas darunter, im anderen etwas darüber erfolgen. Wenn wir daher, wie es meist der Fall ist, Rumpfflächen in größerer Meereshöhe und zerschnitten finden, müssen wir nach beiden Theorien nachträgliche Hebung und Zerschneidung annehmen; die große Rolle der Rumpfflächen in der modernen Morphologie beruht ja gerade darauf, daß mit ihrer Aufstellung eine Unterscheidung von Perioden oder Zyklen der Erosion verbunden wird.

Wenn die Senkung des Landes zum Stillstande kommt oder von der entgegengesetzten Bewegung abgelöst wird, wird marine Abrasion an einer bestimmten Höhenlinie aufhören und die Rumpffläche hier am aufragenden Lande scharf abstoßen, so daß ein Gefällsbruch entsteht. Die Theorie der festländischen Einebnung dagegen muß gleichmäßige Abtragung des Landes über die ganze Fläche annehmen und läßt sich nur mit langsamem Ansteigen des Landes nach hinten vereinigen; ebene Felsplatten am Fuße eines Gebirges, sog. Piedmontflächen, oder gar eine Reihe über einander liegender solcher Flächen, sog. Piedmonttreppen, sind durch sie nicht erklärbar, sofern sie nicht auf nachträglichen tektonischen Störungen beruhen; oder wenigstens ist, was bei der Aufstellung von Rumpfflächen oft viel zu wenig beachtet wird, bisher keine einleuchtende Erklärung für die festländische Entstehung von Piedmontflächen und Piedmonttreppen gegeben worden.

Die Unebenheiten der Flächen mariner Abrasion werden größtenteils von Unterschieden in der Widerständigkeit des Gesteines abhängen und demgemäß angeordnet sein; die Unebenheiten der Flächen festländischer Einebnung dagegen werden, auch wenn sie Unterschieden der Widerständigkeit angepaßt sind, immer die Form von Talsystemen und wasserscheidenden Rücken zeigen müssen. Bei jenen spielt die Durchlässigkeit des Gesteines kaum eine Rolle, bei diesen wird sich gerade die verschiedene Abtragung in durchlässigem und undurchlässigem Gestein zu erkennen geben. Auch die Beschaffenheit der bedeckenden Ablagerungen kann in beiden Fällen verschieden sein: marine Deckschichten weisen mit einiger Wahrscheinlichkeit auf marine, festländische auf festländische Einebnung hin. Aber hierdurch kann man sich auch täuschen lassen. Der Beweis ist nur zwingend, wenn man nachweisen kann, daß die Ablagerung unmittelbar auf die Bildung der Rumpffläche gefolgt ist. Später kann eine marine Rumpffläche von Landablagerungen, eine festländische von Meeresablagerungen überdeckt werden. So lagert die obere Kreide in Sachsen auf der Rumpffläche des kristallinen Gebirges auf, und da sie mit Landbildungen beginnt, hat man für die Rumpffläche Entstehung auf dem Festlande gefolgert; aber die isolierten kleinen Vorkommen von marinem braunem Jura beweisen, daß die Rumpffläche viel älter ist und früher einmal von Meeresschichten bedeckt war.

Rumpfflächen festländischer Entstehung müssen die Merkmale der „Greisenhaftigkeit“, also namentlich breite Talböden mit ganz flachen Hängen zeigen. Man darf aber dabei die auf Rumpfflächen wie auf Landterrassen überall vorhandenen Dellen nicht für greisenhafte Täler ansehen, und man darf auch nicht vergessen, daß Land-

stufen einen Widerspruch zur „Greisenhaftigkeit“ der Landschaft bedeuten.

Wenn wir ehrlich sein wollen, müssen wir gestehen, daß die Bildung der Rumpfflächen durch keine der beiden Annahmen ganz verständlich gemacht wird. Für die festländische Entstehung kann ich das ja um so unbefangener aussprechen, als ich einen der ersten Versuche gemacht habe, sie zu begründen, mein Widerspruch sich also nicht gegen eine mir neue und fremde Vorstellung richtet, sondern der Selbstkritik entspringt. Ich halte nach wie vor eine solche Einebnung des Landes theoretisch für möglich, aber für einen Vorgang von außerordentlich langer Dauer, und ich frage mich, ob eine so lange Zeit je zur Verfügung gestanden hat, ob die Auffassung im übrigen so gesichert ist, daß man sich über diese Bedenken wegsetzen darf. Die Theorie der Fastebene beruht bei *Davis* und seinen Schülern lediglich auf einer geometrischen Konstruktion, auf der fortschreitenden Abflachung sowohl der Talsohle wie der Talhänge (s. S. 56), nicht aber auf Beobachtung der die Einebnung bewirkenden Vorgänge. Trotz der dagegen erhobenen Bedenken nehmen sie diese theoretische Konstruktion in einer gewissen wissenschaftlichen Apathie viel zu sehr als eine abgemachte Sache hin, um die man sich nicht mehr zu bemühen brauche, und versäumen dadurch die Fundamentierung ihres Lehrgebäudes, das eines Tages über ihrem Kopfe zusammenstürzen wird.

Eine etwas andere Wendung haben *Sölch* und in umfassenderer Betrachtung *W. Penck* der Theorie festländischer Einebnung gegeben. Sie lassen, ihrer Auffassung von großer Langsamkeit der Hebung gemäß (s. S. 36), die Einebnung nicht erst nach der vollzogenen Hebung, sondern mit ihr zugleich einsetzen und mit ihr gleichen Schritt halten. Das Land wird also gar nicht erst zum Gebirge, wie man nach dem inneren Bau vermuten sollte, sondern bleibt flach und wird also unmerklich in eine Rumpffläche verwandelt. Die Rumpfflächen, die wir in der Natur finden, sind nicht Endrumpfe, wie bei *Davis*, sondern Trugrumpfe (*Sölch*) oder Primärrumpfe (*W. Penck*) oder können es wenigstens sein. Erst wenn später die Gebirgsbildung, und zwar in der Form einfacher Hebung, schneller erfolgt, wird die Rumpffläche in die Höhe getragen, tritt uns nun auf der Höhe des Gebirges entgegen und wird allmählich von den Flüssen angegriffen, die von den Rändern her arbeiten.

So soll der Vorgang die schwer vorstellbare Größe verlieren, die ihm anhaftet, wenn ein Hochgebirge in verhältnismäßig kurzer Zeit bis zum Meeresspiegel abgetragen und ganz eingeebnet werde, um dann

von neuem gehoben zu werden. Das Auftreten junger Rumpfflächen in großer Meereshöhe und auch eine Mehrzahl über einander liegender Einebnungen sollen leichter verständlich werden. Einige der Bedenken, die ich gegen die Peneplains in der *Davisschen* Auffassung geäußert habe, werden dadurch allerdings behoben; aber die Einebnung bleibt auch so ein gewaltiger und schwer vorstellbarer Vorgang, und in unserem Klima fehlt bisher jeder Anhalt für sein wirkliches Vorkommen.

In der Gegenwart kennen wir ausgedehnte Verebnungen, die in vollem Widerspruche zum inneren Bau stehen, also Rumpfflächen darstellen, nur im Zusammenhang mit den Inselberglandschaften (s. S. 80), und so entsteht die Frage, ob nicht auch die fossilen Rumpfflächen der geologischen Vergangenheit, aus denen ja auch fast immer einzelne Berge (Monadnocks) aufragen, derselben Entstehung sind. Dieser Gedanke ist zuerst wohl von *Passarge* angedeutet worden und hat immer mehr Boden gewonnen, besonders für die weit verbreitete permokarbonische Rumpffläche, weil hier ja auch die Beschaffenheit der überlagernden Schichten des Rotliegenden und des Buntsandsteins auf ein periodisch-feuchtes Tropenklima hinweist, wie es den heutigen Inselberglandschaften eigentümlich ist. Namentlich hat *Strigel* diese Ansicht für die Rumpfflächen des Schwarzwaldes und Odenwaldes durchgeführt.¹⁾

4. Das Vorkommen von Rumpfflächen und die Merkmale ihrer Rekonstruktion.

Wenn wir das Auftreten und die Verbreitung der Rumpfflächen über die Erde beurteilen wollen, dürfen wir nicht jede Einebnung für eine Rumpffläche nehmen, müssen wir vielmehr zwischen fossilen Rumpfflächen, deren Entstehung einer längst vergangenen geologischen Zeit angehört und völlig abgeschlossen ist, und rezenten Rumpfflächen unterscheiden, deren Bildung zwar nicht gerade der Gegenwart, aber junger geologischer Zeit angehört und in den heutigen Gebirgsbau hineinpaßt.

Es ist eine der bemerkenswertesten Tatsachen, daß die meisten gut erhaltenen Rumpfflächen, die im heutigen Landschaftsbilde überhaupt eine Rolle spielen, geologisch alt und nach ihrer Bildung vielfach von jüngeren marinen oder festländischen Ablagerungen überdeckt gewesen und von Verwerfungen und Hebungen betroffen worden sind. Manche scheinen aus dem Kambrium, viele aus dem Devon zu stammen und der devonischen Faltung gefolgt zu sein, nicht nur in

1) Jahresbericht d. oberrhein. geol. Vereins N. F. VIII 1919 S. 123.

Nord-Europa, sondern nach *Chudeau* auch in der südlichen Sahara. Die meisten bekannten Rumpfflächen sind bald nach der mittelkarbonischen Faltung und den jungkarbonischen und permischen Verwerfungen und Ergüssen entstanden, gehören also dem oberen Karbon und Perm an: so die des deutschen Mittelgebirgslandes, des französischen Zentralplateaus und der Bretagne, Südwest-Englands, aber auch der Appalachen, des Urals, des Tianschans, der nördlichen Sahara u. a. Sie alle gehören bereits dem inneren Bau an und sind für die geographische Betrachtung fertige Gebilde, deren Erklärung sie der Geologie überläßt. Ein geographisches Problem ist ihre Befreiung von den darüber liegenden Schichten und ihre Umbildung in junger geologischer Zeit, die nach manchen Forschern bis zur Bildung sie schneidender junger Rumpfflächen gegangen ist.

Aus dem geologischen Mittelalter und dem Alt-Tertiär sind wenige Rumpfflächen mit einiger Sicherheit festgestellt. Es muß dahingestellt bleiben, ob sie selten entstanden oder ob sie wegen tafelartiger Lagerung der Schichten oder wegen Einbeziehung in junge Faltung schwer zu erkennen sind.

Vom geographischen Standpunkte interessiert uns am meisten die Frage, ob und in welchem Umfange in der geologischen Neuzeit, nach den jüngeren, den heutigen Bau bestimmenden Faltungen, Verwerfungen und vulkanischen Ergüssen, Rumpfflächen gebildet worden sind. Bis vor kurzem war von solchen, von den Strandplatten abgesehen, kaum die Rede gewesen; dann waren sie unter dem Einflusse von *Davis* in der amerikanischen, deutschen und französischen Morphologie Mode geworden. Vielen Forschern galt ihr Vorhandensein, oft sogar in mehrfacher Wiederholung, als eine gar nicht zu bezweifelnde Tatsache. Der Nachweis solcher moderner Rumpfflächen oder Peneplains stand im Mittelpunkt ihrer Untersuchungen, gehörte beinahe zum guten Ton; mit der größten Leichtigkeit entschlossen sie sich zu der Annahme vollständiger Einebnung und darauf erfolgter neuer Hebung und Erosion, ja einer von ihnen verstieg sich sogar so weit, darin überhaupt den Beginn einer wissenschaftlichen Morphologie zu erblicken.¹⁾

Für die deutschen Mittelgebirge hat zuerst *Philippi* eine verhältnismäßig junge, immerhin aber präoligozäne Rumpffläche (oder, wie er wenig präzise sagt: Landoberfläche) in Südost-Thüringen nachzuweisen gesucht, die sich vom alten Schiefergebirge, den Buntsandstein meist überspringend, auf den Muschelkalk hinüberziehe und auch die

1) *Reck* in der Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1912 S. 83.

am Anfange der Kreidezeit entstandenen Dislokationen eingeebnet habe.¹⁾ Andere haben diese Einebnung unbesehen, oft ohne den Versuch eines Nachweises, auf andere deutsche Landschaften übertragen; so haben *Maull* und ähnlich *Krebs* eine junge Fastebene über den Spessart und die Muschelkalklandschaft des Mainlandes gelegt, *W. Penck* und *Schrepfer* ebnen den südlichen Schwarzwald samt der Baar in pliozäner Zeit ein, und *Braun* hat eine „germanische Rumpfebene“ der Miozänzeit konstruiert, mit der er das ganze deutsche Mittelgebirgsland überzieht.²⁾ Eine Rumpffläche hat auch *Briquet* über Nord-Frankreich gelegt.³⁾ In den Rumpffgebirgen, wie dem Frankенwald, dem Erzgebirge, dem rheinischen Schiefergebirge, sollen sie sich mit den alten Rumpfflächen berühren, aber von ihnen unterschieden werden können; in den zu Stufenlandschaften ausgearbeiteten Gebieten mit tafelartiger Lagerung der Schichten läßt man sie teils mit den Landterrassen zusammenfallen, teils legt man sie über die Stufenkämme, so daß jene wenigstens in ihren tieferen Teilen nachträgliche Ausräumungen darstellen. Auch hoch aufragende junge Kettengebirge sollen nach der Faltung mehr oder weniger vollständig auf den Meeresspiegel hin eingeebnet und dann von neuem gehoben worden sein und dieser und der danach neu einsetzenden Talbildung ihre Gebirgsnatur verdanken. *Braun* hat eine solche Auffassung für die Apenninen, *Martonne* für die transsilvanischen Alpen, *Brückner* für den Schweizer Jura, *Staff* in extremer Weise für die Alpen, *Österreich* noch extremer für den Himalaja durchgeführt, *Philippson* hat eine Peneplain durch das osteuropäische Tiefland, und *Bailey Willis* sogar durch ganz Asien gelegt.⁴⁾

Bei diesen jungen „Peneplains“, mit denen die Wissenschaft freigebig beschenkt wird, fällt sofort auf, daß sie, sofern es sich dabei nicht nur um Landterrassen oder andere örtliche Einebnungen, sondern um wirkliche Rumpfflächen oder Fastebenen handelt, nicht, wie die alten Rumpfflächen, auch nur einigermaßen vollständig erhalten und daher unmittelbar zu beobachten sind, sondern aus anderen Erscheinungen erschlossen werden, die man ohne sie nicht erklären zu

1) Z. d. d. geol. Ges. 1910 S. 305ff.

2) *Braun*, Deutschland S. 18.

3) *Ann. de Geographie* XVII, 1908, S. 205ff.

4) Ein Übergang über den Apennin zwischen Modena und Lucca im Sommer 1912 hat uns statt der *Braun*schen Peneplain vielmehr eine eigentümliche Stufenlandschaft gezeigt, u. ebenso wenig haben wir 1911 *Brückner*s von neuem aufgewölbte Fastebene im Schweizer Jura bestätigt gefunden (vgl. G. Z. 1912 S. 515ff.), die gleichzeitig auch von *Martin* (*Revue de géogr. ann.* 1911 p. 219) widerlegt worden ist.

können glaubt, daß sie also hypothetische Konstruktionen sind. Auch daß unter jungen alluvialen Tiefebenebenen junge Fastebenen verborgen seien (*Philippson* a. a. O. S. 324), ist eine Vermutung, die wohl nur ausnahmsweise richtig ist. Das ist von vornherein verdächtig; denn junge Rumpfflächen sollten eigentlich besser erhalten sein als alte, die so viel längere Zeit der Zerstörung ausgesetzt gewesen sind. In der Literatur finde ich keinerlei Ansatz zur Erklärung dieses Widerspruches. Man könnte sagen, daß nach den jungen Einebnungen das Land sofort wieder intensiv gehoben worden sei, während den alten eine Periode der Ruhe und der Überdeckung mit festländischen und marinen Ablagerungen folgte; aber für eine solche Unterscheidung fehlt jeder Anhalt an den Tatsachen.

Es ist hier nicht möglich, alle Rumpfflächen, die man behauptet hat, auf die Richtigkeit und Notwendigkeit ihrer Konstruktion zu prüfen; eine solche Prüfung ließe sich nur auf Grund eingehender Untersuchung an Ort und Stelle ausführen¹⁾. *Philippis* zum Vorbild für so viele andere Fastebenen gewordene präoligozäne Landoberfläche in Thüringen beruht auf einer gründlichen Untersuchung, mehr als die meisten anderen; aber sie ist keine Tatsache unmittelbarer Beobachtung, sondern eine hypothetische Konstruktion, deren Richtigkeit geprüft werden muß. Was man sieht, ist eine typische Stufenlandschaft; nur deren tiefstes Glied, der untere Buntsandstein, zieht sich bei Ronneburg als Fläche auf die Rumpffläche des Frankenwaldes (gefalteter Schiefer) hinauf, ganz ebenso wie im Schwarzwald oder im Odenwald. Die Muschelkalkfläche kommt ungefähr wieder in gleiche Höhe mit der Rumpffläche des Schiefergebirges zu liegen; aber dazwischen bildet der Buntsandstein eine Einsenkung, die im Widerspruch zur Fastebene steht, und für die keine ausreichende Erklärung gegeben wird; sie wird als „Ausraum“ abgetan. Auch andere Aufstellungen fordern die Kritik heraus. Eine neue genaue Untersuchung ist nötig; vorläufig muß man ein großes Fragezeichen machen, besonders nachdem *Hans Weber* sowohl für das Plateau von Gossel wie für die Tambacher Gegend nachgewiesen hat, daß sich die Stufenlandschaft ohne die Annahme vorangehender Einebnung erklären läßt.

Hier kann es sich nur um eine grundsätzliche Prüfung der Merkmale und Beweise der Rekonstruktion handeln.

1) *Machatschek* hat eine solche Untersuchung für die Gebirge des alpinen Systems durchgeführt (*Ztschr. d. Ges. f. Erdkde.* 1916 S. 602 f. u. 675 ff.); obgleich er sich gegenüber manchen Aufstellungen kritisch verhält, scheint mir seine Kritik doch nicht weit genug zu gehen.

Den unmittelbarsten und im ganzen auch sichersten Anhalt dafür bietet das Vorkommen von Verebnungen, die im Widerspruch gegen den inneren Bau stehen und über große Verwerfungen hinweggehen. Hauptsächlich kommen wagrechte oder schwach geneigte Flächenstücke in Betracht; man hat jedoch auch — so namentlich *Brückner* im Schweizer Jura — stärker geneigte Hänge von glatter, flächenhafter Ausbildung als Stücke ehemaliger Rumpfflächen gedeutet, die von neuem gefaltet oder doch schräg gestellt worden seien. Aber glatte Flächen könnten auch örtlich gebildet werden, ohne daß sie als Bruchstücke größerer Einebnungen angesehen werden müßten, können Landterrassen, Karplatten, örtliche Einebnungen im Karst oder in Zentralgebieten u. a. sein. Sie müssen in größerer Zahl und Ausdehnung und auf verschiedener Unterlage auftreten, um als Stücke einer allgemeineren Einebnung angesehen zu werden, und müssen auch eine Beziehung zu heutigen oder alten Talböden erkennen lassen. Einen so gewaltigen Vorgang wie die Einebnung und neue Hebung des Himalaja auf eine beobachtete Hochfläche zu begründen, erscheint mir nicht zugänglich.

Ablagerungen von Flußschotter oder -lehm, die sich über weite Flächen erstrecken, beweisen, daß ihre Unterfläche damals fertig gebildet war. Falls es sich nicht um Zentralgebiete handelt, werden sie meist Gebilde der Tiefebene sein und auf nachträgliche Hebung hinweisen. Aber für die vorangegangene oder gleichzeitige Bildung einer Rumpffläche (Peneplain) sind sie nur beweisend, wenn die Ablagerung beträchtliche Ausdehnung hat und der Untergrund keine Landterrasse oder andere örtliche Einebnung und auch keine fossile Rumpffläche ist.

Ein drittes Merkmal für die Konstruktion von Rumpfflächen soll die gleiche Höhe der Gipfel, das Vorhandensein einer Gipfelflur nach *Pencks* Ausdrucke¹⁾ sein. Wenn man von höheren Gipfeln um sich schaut, ist allerdings die gleiche Höhe der Gipfel rund herum oft recht auffallend, und es ist begreiflich, daß gerade die Hochalpinisten sie betonen. Bis zu einem gewissen Grade liegt dabei eine optische Täuschung vor: die senkrechte Dimension ist so viel kleiner als die wagrechte, daß die Höhenunterschiede verschwinden; vom Tale aus treten diese viel mehr entgegen. Aber wirkliche Übereinstimmung ist gar nicht so wunderbar, und auch bei unmittelbarer Abtragung, ohne Einschaltung einer Rumpffläche, werden die meisten

1) Vgl. die ausführliche Erörterung in *Pencks* Morphologie Bd. II S. 161 ff. und neuerdings in dem Aufsatz über die Gipfelflur der Alpen, Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin. XIV 1919.

Gipfel ungefähr gleiche Höhe haben. Die Verwitterung wirkt im allgemeinen um so stärker, je größer die Höhe ist, und strebt daher nach deren Ausgleich. Viel wichtiger aber ist, wie *Ed. Richter* bemerkt hat, daß die Talhänge einen bestimmten Winkel nicht überschreiten können, daß alle Erhebungen, die über dies normale Gehänge und die Schnittlinie der Gehänge zweier benachbarter Täler zu liegen kommen, der Zerstörung zum Opfer fallen müssen, und daß dadurch eine gewisse Gleichheit der Gipfelhöhen bewirkt wird, um so mehr, je weiter die Abtragung vorgeschritten ist. Die Zurückführung der Gipfelfluren auf die Zerstörung einer Rumpffläche ist eine unnötige Hypothese.

Ein vierter Ausgangspunkt für die Konstruktion alter Rumpfflächen ist ein zwischen dem inneren Bau und der Oberflächenform bestehender Widerspruch, der sich bis zur völligen Umkehr (Inversion) steigern kann, so daß an die Stelle von tektonischen Gewölben oder von Horsten Täler oder andere Einsenkungen, an die Stelle von tektonischen Mulden oder von Gräben Kämme treten. Schon die englischen Geologen der 60er Jahre, die diesem Problem beim Studium der Wealdlandschaft ihre Aufmerksamkeit zuwandten, wußten sich keinen anderen Rat, als in den normalen Gang der Abtragung die Bildung einer Fläche mariner Abrasion einzuschalten, damit die weicheren Schichten des Gewölbekernes dem Angriffe der auf dem Festlande abtragenden Kräfte zugänglich würden. Auch viele moderne Morphologen halten Synklinalkämme und Antiklinaltäler oder die Ausbildung tektonischer Horste als Einsenkungen und tektonischer Gräben als Berge ohne die Annahme einer „Peneplain“ für unmöglich und entnehmen aus ihrem Auftreten einen Anhalt für deren Aufstellung. Bei *Briquet* und bei *Philippi* spielt dieser Beweis eine große Rolle, und er ist auch für *v. Staff* einer der Gründe für seine durch die Gipfel der Alpen gelegte Fastebene gewesen. Auch die Bildung einer Schichtstufenlandschaft wie der schwäbisch-fränkischen hat man ja, wie wir gesehen haben, nur unter der Annahme einer die Köpfe der Stufen verbindenden Abtragungsebene für möglich gehalten. Eine solche den Vorgang komplizierende Annahme darf man aber nach den logischen Regeln der wissenschaftlichen Forschung nur machen, wenn sich einfachere Annahmen als unzureichend erweisen. Das trifft hier nicht zu: warum soll die Umkehr nicht durch direkte Erosion, ohne die Vermittlung einer Rumpffläche, bewirkt sein? Sobald die Täler so tief eingeschnitten werden, daß ihre Sohle tiefer als der Boden der tektonischen Mulden oder Gräben liegt, wie es bei einer Hebung des ganzen Gebirges leicht vorkommt, werden die dazwischen

liegenden Gebirgskörper von der Erosion und Denudation erfaßt und je nach der Widerständigkeit des Gesteins mehr oder weniger abgetragen; die Böden von Mulden oder Gräben können dabei nicht nur, sondern müssen sogar, wie *Schmittbhenner* gezeigt hat, zu Bergkämmen, die Gewölbe und Horste zu Einsenkungen werden; einer dazwischen eingeschalteten Einebnung bedarf es dazu nicht.

Fünftens stützt man sich auf die Anordnung des Flußnetzes, besonders auf das Auftreten und Vorherrschen von Tälern, die keine Rücksicht auf Faltenbau und Verwerfungen nehmen, beiden gegenüber gleichgültig oder, wie *Staff* sagt, indifferent sind; ein solches Flußnetz habe sich nur auf einer gleichmäßig geneigten Oberfläche ausbilden können. Hieran ist richtig, daß sich das Vorherrschen großer, ganze Bergketten durchbrechender Quertäler bei lockerem Faltenbau nicht unmittelbar erklären läßt; *Rütimeyer* und *Heim* haben ja längst den Gegensatz erkannt, der in dieser Beziehung zwischen dem Talnetze der Alpen und dem des Schweizer Juras besteht. Aber man hat ihn aus der dichten Aneinanderdrängung der Falten, bei der die Mulden nicht zu orographischem Ausdrucke kommen, genügend erklärt, und wenn wir mit der neueren tektonischen Auffassung an die Stelle dicht gedrängter Falten auswärts geneigte, überschobene Decken setzen, so läßt sich erst recht das Vorherrschen von Quertälern erklären, die in Bezug auf die ursprüngliche tektonische Oberfläche konkordant, in Bezug auf den heute zu Tage tretenden, aus den Decken herauspräparierten Faltenbau diskordant und epigenetisch sind.

Einen sechsten Anhalt für die Rekonstruktion von Rumpfflächen findet man im Mäandrieren der Flüsse. Einzelne Krümmungen und Windungen könnten auch ohne das entstehen; aber eine systematische Anlage regelmäßiger, den ganzen Lauf beherrschender Windungen sei nur möglich, wenn der Fluß träge dahinschleiche und die so entstandenen Krümmungen sich immer weiter auszögen. Dazu genügt jedoch das Vorhandensein eines breiten Talbodens, der noch im Berglande eingesenkt sein kann und keine Rumpffläche zu sein braucht. Und auch die Theorie ist noch zweifelhaft. Man kann auch annehmen, daß die Mäander erst während des Einschneidens in Abhängigkeit vom Gestein und seiner Lagerung entstanden seien; nur eine genaue Untersuchung kann das entscheiden.

Einen letzten Beweisgrund hat man der Beschaffenheit der Ablagerungen am Fuße des Gebirges entnommen: wenn diese feinerdig sind, kann kein Gebirge mehr bestanden haben; *Braun* hat das die Methode der Gebirgsränder genannt. Der Gedankengang ist richtig, und die Beschaffenheit der Ablagerungen muß jeweils geprüft

werden. So hat *Penck* gerade umgekehrt durch die groben Gerölle in allen jungtertiären Ablagerungen am Alpenfuße die *Staffs*sche Annahme einer Einebnung der Alpen widerlegt.

Ich will nicht in Abrede stellen, daß es junge Rumpfflächen geben kann; aber die vielen Rumpfflächen, die in der Literatur auftauchen, sind keine „unzweifelhaften Beobachtungstatsachen“, wie *Philippson* (Grundzüge II 2 S. 330) behauptet; vielmehr sind die meisten aus unsicheren Anzeichen erschlossen. Man kann sich die Entstehung der Formen, zu deren Erklärung sie erfunden worden sind, meist einfacher vorstellen, und gegen manche dieser junger Einebnungen liegen sogar direkte Beweise, namentlich deutliche Stufenbildung, vor.

Dazu kommt die innere Unwahrscheinlichkeit des Vorganges¹⁾ nach der Theorie der „Peneplain“ von *Davis* und auch nach der Auffassung von *W. Penck*. Schon die Einebnung eines ganzen Gebirges bis nahezu auf den Meeresspiegel, der Ablauf eines Zyklus bis zur Greisenhaftigkeit, ist ein gewaltiger Vorgang, der, wenn er sich überhaupt je ganz vollzieht, Jahrhunderttausende oder vielleicht Millionen von Jahren in Anspruch nehmen müßte. Es ist kaum möglich, ihn in eine geologisch so kurze Zeit hineinzupressen, wie es ein Teil der Miozän- oder Pliozänzeit ist. Und das wäre doch erst die eine Hälfte des Vorganges. Denn die so entstandene Fastebene soll danach von neuem gehoben und so stark zerstört worden sein, daß sie so gut wie verschwunden ist und nur durch mittelbare Schlüsse festgestellt werden kann. Für eine solche Umwertung aller Werte müssen triftige Gründe beigebracht werden. Die deduktiv abgeleitete Möglichkeit genügt nicht, sondern es müssen tatsächliche Nachweise geliefert, und es muß durch sorgfältige Analyse der Formen gezeigt werden, daß einfachere Annahmen nicht zum Ziele führen. Beides vermißt man in den meisten Arbeiten der modernen morphologischen Schule. Wieder erkennt man hier, daß die Anwendung eines deduktiven Schemas auf die Natur nicht der richtige Weg ist, um dieser ihre Geheimnisse abzulauschen, sondern daß das nur sorgfältiger induktiver Forschung gelingen kann.

So schließt unsere Betrachtung mit einem großen Fragezeichen. Aber seit ich den Aufsatz über Rumpfflächen und Pseudorumpfflächen schrieb²⁾, der nur mit Zweifeln und Verneinungen abschloß, hat sich

1) Es ist mir unverständlich, wie der vorangehenden ausführlichen, schon in der ersten Auflage enthaltenen Beweisführung gegenüber *Philippson* (Grundzüge II 2 S. 530) sagen kann, daß ich „lediglich“ die lange Zeit gegen die Fastebenen ins Feld führe.

2) Geogr. Zeitschr. 1913 S. 185ff.

das Bild doch geändert. Die Entstehung der Landterrassen läßt sich ohne jede Beziehung auf „Peneplains“ aus bestimmten Vorgängen erklären, und für die Erklärung der Rumpfflächen zeigt sich ein Weg, der allerdings nur für deren Bildung in bestimmten Klimaten gangbar ist. Die deduktiven Konstruktionen von Peneplains aber und die haltlosen Spekulationen über die Einebnung ganzer Gebirge durch den Ablauf eines Erosionszyklus und ihre neue Hebung und Zerstörung müssen auch jetzt abgelehnt werden.

VII. Bauplan und Baustil der Gebirge.

1. Der Bauplan.

Für die naive Auffassung sind die Gipfel, Kämme und Hochflächen, überhaupt die Vollformen, das unmittelbar Gegebene, die Täler und anderen Hohlräume keine selbständigen Gebilde, sondern die zwischen jenen entstandenen Lücken. Auch die Wissenschaft hat zunächst diese Auffassung übernommen. Als sie der Entstehung der Gebirge näher trat, faßte sie sie, so wie sie uns in der Natur entgegentreten, als tektonische Gebilde auf, die ihre Entstehung hauptsächlich einer Hebung verdankten; die Täler waren bei der Hebung entstandene klaffende Spalten. Diese Auffassung war ein notwendiger Durchgangszustand, und man darf darum nicht hochmütig auf sie herabsehen. Der erste Schritt der Erkenntnis mußte die Einsicht in die Abhängigkeit der Oberflächenformen vom inneren Bau sein; erst danach konnte man die Abweichungen erkennen, die durch die oberflächliche Umbildung bewirkt werden. Sie haben sich im Fortschritte der Untersuchung als immer größer erwiesen; immer mehr hat man die gewaltige Wirkung der Erosion und überhaupt der Abtragung würdigen gelernt, immer mehr hat sich der Unterschied der wirklichen von der tektonischen Oberfläche herausgestellt. Nur junge noch tätige Vulkane zeigen, durch Regenrisse erst wenig verändert, das Antlitz, das sie den vulkanischen Ausbrüchen verdanken. Schon sehr bald werden die lockeren Schlacken, Aschen und Tuffe abgetragen, die festeren Lavaströme und Vulkanschlote herauspräpariert, so daß man nur noch von Vulkanruinen oder Vulkanskeletten sprechen kann. Die Basalt- und Trachytberge, die man früher für „homogene Vulkane“ gehalten hat, sind nichts anderes als Vulkanruinen, ja zu einem großen Teil nur die Stiele alter Vulkane, die selbst ganz verschwunden sind. In manchen Kettengebirgen sind die Faltengewölbe, in manchen Schollengebieten die Horste Kämme, denen Mulden und Gräben als Talungen gegenüberstehen; aber solche Fälle sind eher Ausnahmen.

Ebenso oft tritt uns Umkehr oder Inversion entgegen, indem die Mulden Kämme bilden, in die Gewölbe dagegen tiefe Täler eingeschnitten sind. Nicht nur die Täler sind von den Flüssen eingeschnitten, sondern auch die breiten Rücken zwischen den Tälern sind durch Abtragung entstanden, und oft oder sogar meist müssen wir uns das Gebirge in seiner tektonischen Form, d. h. zwar nicht, wie es einmal wirklich gewesen ist, aber wie es ohne Abtragung sein würde, hoch über alle heutigen Kämme und Gipfel aufragend und der Zerstörung zum Opfer gefallen denken.

Die primäre Tatsache der Umgestaltung der Gebirge ist die Talbildung durch die Erosion des fließenden Wassers. Zwar setzen Verwitterung und Abtragung schon an der ursprünglichen tektonischen Oberfläche ein; aber ihre Angriffsfläche ist dann verhältnismäßig klein. Die Erosion eilt ihnen voran und öffnet ihnen an den Talhängen neue Flächen der Betätigung. Nun können sie sich mit voller Kraft entfalten und auch selbständig Großformen erzeugen; ihre Wirkungen summieren sich zu Massenbewegungen, deren Bedeutung man früher unterschätzt hat. Aber die Richtung und Anordnung ihrer Wirksamkeit bleibt von der Anordnung der Täler abhängig. Der Bauplan der Gebirge und Hochländer wird demnach durch die Gewässer- und Talnetze (vgl. Kap. V) bestimmt; sie geben uns den Schlüssel für das Verständnis der Gebirgskörper. Beispielsweise hängt die Unterscheidung und die verschiedene Grundrißform der einzelnen alpinen Massen, die *A. Penck* als fiederförmige und stockförmige Gliederung unterschieden hat, von der Richtung und dem Abstände der Täler ab.

Manchmal beherrschen die Täler den Charakter der Landschaft ganz, die Talhänge der benachbarten Täler schneiden sich in linienförmigen Kämmen oder Firsten, die nichts anderes als die Grenzlinien benachbarter Täler sind; andere, den Tälern gegenüber selbständige Formen gibt es nicht. *Davis* hält diesen Zustand der Landschaft für einen bestimmten Entwicklungszustand, den er als den der Reife bezeichnet. Das ist jedoch nur halb richtig: in manchen Landschaften ist er von vornherein vorhanden, in anderen tritt er nie ein. Es handelt sich in der Hauptsache nicht um Entwicklungsstufen, sondern um verschiedene Arten der Oberflächengestaltung (vgl. S. 53 f.). Vulkanberge und wohl auch die meisten Kettengebirge, die größerer tektonischer Ebenen entbehren, werden von ihrer Entstehung an ziemlich vollständig durchtalt. Dagegen werden Rumpfgebirge und Tafellandschaften auf lange hinaus, vielleicht für immer, mangelhaft durchtalt sein. In ihnen stoßen die benachbarten Täler nicht unmittelbar

zusammen, so daß sie Firsten bilden, sondern lassen zwischen sich Gebirgsblöcke mit ebener oder welliger Fläche, aus denen sich, gleichsam als ein oberes Stockwerk der Landschaft, einzelne Berge, Berg Rücken, Felswände erheben können. Tafellandschaften, die überwiegend aus undurchlässigen und darum der Abspülung ausgesetzt und dabei mäßig widerständigen Schichten, namentlich Ton, bestehen, verlieren die ursprüngliche Tafelform rasch und werden zu durchgehends gegliederten Tallandschaften, die allerdings durch die Vorgänge der Denudation bald abgeflacht und erniedrigt werden. In durchlässigem Kalk und Sandstein dagegen und auch in Rumpfgebirgen aus widerständigem Gestein bleiben Tafel- und Plateaustücke lange erhalten, und sie sind der Schauplatz einer besonderen, von den Tälern unabhängigen Bodengestaltung und Abtragung.

Der Höhenunterschied der Kämme und der Talsohlen oder das Ausmaß, die Intensität der Gliederung, die Reliefenergie nach dem von *Partsch* geprägten Ausdrucke, hängt zunächst von dem Maße der tektonischen Hebung ab (dieses Wort auf alle hebenden Vorgänge, Faltung, Verwerfungen, säkulare Hebung bezogen), da dem entsprechend die Erosionskraft der Gewässer wächst und sie sich schneller einschneiden und dem Gleichgewichtsprofile nähern, während die Kämme in viel langsamerem Tempo abgetragen werden. In fortgeschrittenem Alter kann die Eintiefung der Täler nur noch geringe Fortschritte machen, während die Abtragung der Kämme das gleiche Tempo beibehält und nun schneller als jene vor sich geht, so daß die Höhenunterschiede nun allmählich ausgeglichen werden. So wird die schwächere Gliederung der Pyrenäen im Vergleich mit den Alpen auf ihr etwas höheres Alter zurückgeführt.

In vielen Gebirgen drängt sich die Erkenntnis auf, daß die Gipfel und überhaupt die Aufragungen an harte oder, richtiger gesagt, widerständige Gesteine, die Einsattelungen und überhaupt Einsenkungen an weiche oder wenig widerständige Gesteine gebunden sind. Ich brauche nur etwa an den Pfahl im bayrischen Wald oder die Quarzitücken des Hunsrücks und des Taunus zu erinnern; auch Basalt und andere vulkanische Gesteine heben sich offenbar dank ihrer Härte aus der Umgebung heraus. *Davis* hat Berge aus hartem Gestein, die sich über die weichere Umgebung erheben, als *Monadnocks* bezeichnet, und *Spethmann* hat dafür den Ausdruck „Härtling“ geschaffen, wonach man die Eintiefungen als „Weichlinge“ bezeichnen müßte. Aber da in diesem Ausdrucke schon die Ursache liegt, darf er, was oft vergessen wird, nur angewandt werden, wo die größere Härte des Gesteins

nachgewiesen worden ist. Denn für einen großen Teil, ja wahrscheinlich für den weitaus größeren Teil der Gipfel sowohl in eigentlichen Gebirgen wie in Tafelländern hat sich bei näherer Untersuchung herausgestellt, daß sie aus demselben Gestein wie ihre abgetragene Umgebung bestehen, ihre Erhaltung also nichts mit der Härte des Gesteins zu tun hat. Das gilt selbst von dem Berge Monadnock, von dem der Typus seinen Namen hat. Die Gipfel erheben sich vielmehr meist an den Stellen, die von den Talläufen am weitesten entfernt, also dem Angriffe der zerstörenden Kräfte am weitesten entrückt sind, während die Einsattelungen zwischen den oberen Enden zweier nach den entgegengesetzten Seiten gerichteter Täler liegen. Als diese in der deutschen Morphologie seit Jahrzehnten heimische Erkenntnis¹⁾ auch der modernen Schule aufdämmerte, hat *Spethmann* für solche Gipfel den Ausdruck „Fernling“ erfunden.

Wenn die Gipfel und andererseits die Einsattelungen teils von der Lage zu den Tiefenlinien, teils von der Härte des Gesteins abhängen, entsteht die Frage nach dem gegenseitigen Verhältnis dieser beiden Abhängigkeiten. Es scheint sich eine allmähliche Umbildung zu vollziehen. Die erste Anlage der Täler ist durch die tektonische Oberfläche bestimmt und hat kaum etwas mit der Widerständigkeit oder Härte des Gesteins zu tun; die Lage der Gipfel und Einsattelungen hängt vom Talnetz und nicht von der Widerständigkeit des Gesteines ab. Für die nachträgliche Umbildung dagegen wird diese vorzugsweise maßgebend, und im Laufe der Zeit tritt daher eine Anpassung der Gipfel und Einsattelungen an sie ein. Sind die Unterschiede in der Widerständigkeit sehr groß, wie z. B. bei Vulkanbergen zwischen den inneren Kernen oder den Lavaströmen und den lockeren Auswürflingen, oder in geschichtetem Gestein zwischen hartem, durchlässigem Kalk oder Sandstein und weichem, undurchlässigem Ton, so vollzieht sich die Anpassung an das Gestein ziemlich schnell; sind sie gering, so geht sie langsam vor sich. Die Anpassung stellt sich aber meist erst in älteren Landschaften ein und ist am ausgeprägtesten in Rumpfbirgen, in denen die Abtragung zu einem gewissen Abschlusse gekommen ist; die Quarzitücken des Hunsrücks und des Taunus gehören solchen Rumpflplatten an. Auch die Umkehr oder Inversion (s. o.) entspringt aus einer Anpassung an die Widerständigkeit des Gesteines, die direkt erfolgen kann und keineswegs, wie man gemeint hat, die Einschaltung einer Einebnung erfordert (vgl. S. 93f.).

1) Vgl. *Eduard Richters* „Morphologie der Alpen“ und meine „Sächsische Schweiz“, bes. S. 96.

2. Der Baustil.

Neben Grundriß und Aufriß der Gebirge, die den Bauplan ausmachen, steht ihr Baustil und bestimmt mit ihm zusammen die Architektur der Gebirge. Mit diesem zuerst wohl von *Ed. Richter* gebrauchten Ausdrucke meine ich die Ausbildung der Einzelformen, den Formenschatz, man kann auch sagen die Physiognomie der Gebirge.

Davis hat, wie den Charakter der Täler (s. S. 46f.), so auch den Gesamtcharakter der Landschaft durch die Bezeichnung ihres Alters ausdrücken wollen; dieser Versuch hat auf den ersten Blick etwas Bestechendes, und man begreift, daß er großen Anklang gefunden hat. Nur mit Bedauern zerstört man das Gedankenbild. Aber abgesehen davon, daß die Kleinformen dabei außer Betracht bleiben, auf deren Ausbildung der Baustil der Landschaft größtenteils beruht, kann man auch die Großformen nicht einheitlich umfassen. Der Zustand der Reife, abgeleitet einerseits aus dem Talnetze und seiner Beziehung zum Gebirgsbau, andererseits aus dem Zustande der Talsohle, sind zwei verschiedene Dinge, und die Beschaffenheit der Talhänge, also gerade das am meisten in die Augen fallende Merkmal, hat überhaupt wenig mit dem Alter zu tun (s. S. 51f.). Wieviel von der ursprünglichen oder tektonischen Oberfläche der Landschaft erhalten ist, hängt weniger von dem Alter als von der Intensität der Gebirgsbildung und von der Lagerung und Beschaffenheit der Gesteine ab; sie zusammen mit dem Klima bestimmen den Baustil oder die Physiognomie der Landschaft.

Ein erster Unterschied besteht in der Intensität der Gebirgsbildung. Sie kommt in der Reliefenergie zum Ausdruck; denn wenigstens die größeren Flüsse schneiden sich meist schnell ein, so daß die Täler um so tiefer, die Höhe der Gipfel über den Tälern um so größer ist, je höher die Gebirge im ganzen sind. Nur auf Grund dieser Höhenunterschiede darf man Hochgebirgs- und Mittelgebirgsformen unterscheiden. Man darf in sie nicht die Unterscheidung zwischen Kettengebirgs- und Rumpfgebirgsformen hineinbringen, wie sie zwischen den Alpen und den deutschen Mittelgebirgen besteht; denn auch Kettengebirge können mittlere, Rumpfgebirge große Höhe und große Reliefenergie haben. Noch darf man sich die Hochgebirgsformen allgemein nach Art der alpinen Formen vorstellen; denn Hochgebirge der Tropen haben scharfe Grate und Spitzen nur, insoweit sie in der Eiszeit in die Firnregion hineingeragt haben. Ein zweiter Unterschied ist der zwischen eigentlichen Gebirgs- und Plateau-

oder Tafellandsformen; jenen ist im allgemeinen die Form der Kämme, diesen die der Hochflächen eigentümlich. Und drittens, mehr im einzelnen, kommen die Unterschiede des Gesteins und seiner Lagerungsform zur Geltung, wobei am wichtigsten der Unterschied zwischen durchlässigem und undurchlässigem, löslichem und unlöslichem Gestein ist; man kann sagen, daß jedes Gestein bei gegebener Lagerungsweise und gegebenem Klima seinen bestimmten Formenschatz hat (s. S. 18f.). Bei wagerechter Lagerung, in Tafelländern, liegen die Gegensätze über, bei Faltenbau neben einander, und in homogenem massigem Gestein machen sich auf geringe Abstände überhaupt keine Unterschiede geltend.

Aber wie die Kleinformen nicht nur mit dem Gestein und seiner Lagerungsweise, sondern auch mit dem Klima wechseln, so auch der ganze Formenschatz, der Baustil, und zwar nicht nur mit dem der Gegenwart, sondern auch mit dem der Vergangenheit; manche Forscher, wie namentlich *Passarge*, räumen wenigstens in den Waldländern der gemäßigten Zone und der Tropen fast nur dem Klima der Vergangenheit einen Einfluß ein, weil sie die Verwitterung und Denudation im Walde sehr gering einschätzen, die Formen dagegen für sehr beständig, zählebig nach dem Ausdrucke von *Sölch*, halten. Schon in Landschaften, die ihren Baustil dem fließenden Wasser verdanken, sind die Formen im einzelnen je nach dem Klima verschieden. Größer aber sind die Unterschiede der Formen, die aus der ehemaligen Vergletscherung oder aus der Wüstenatur entspringen.

Vergleichen wir zunächst zwei benachbarte deutsche Mittelgebirge! Der Odenwald ist in diesem Sinne ein fluviatiles Gebilde, eine Talandschaft, denn die Gletscherspuren der hessischen Geologen haben sich als irrig erwiesen, und höchstens kann von periglazialen Frostwirkungen die Rede sein. Aber im Schwarzwalde, der nach dem gleichen tektonischen Schema gebaut ist, aber zu größerer Meereshöhe ansteigt, bewirkt diese nicht nur größere Reliefenergie, ihr ist es auch zuzuschreiben, daß in der Eiszeit die Höhen mit ewigem Schnee bedeckt waren und sich in die Täler kleine Gletscher senkten. Kare, deren glaziale Natur zuerst (1882) *Partsch* im Riesengebirge erkannt hat, sind eine typische Erscheinung der Gebirgshöhen, und im südlichen Schwarzwald weisen Moränen, geschrammte Felsen und die ganze Talform auf alte Talgletscher hin, die allerdings nicht sehr tief hinabgereicht haben. Die Gebirge der britischen Inseln sind ihrem Bau nach Rumpfgebirge, ähnlich den deutschen; aber ihre Physiognomie ist

anders, größtenteils wilder, weil Kare und Glazialtäler eine größere Rolle spielen, die fluviatile Bodengestaltung viel mehr durch die glaziale ersetzt und verdrängt ist. Sie ähneln in dieser Beziehung den Alpen, von denen sie sich aber durch die andere Art des inneren Baus und damit auch des Bauplanes unterscheiden. In den Alpen, in denen die Hochflächen zurücktreten und Kämme die den Bauplan beherrschende Großform sind, wird deren Gestaltung ganz durch die Kare bestimmt, erhält durch sie die charakteristische gratartige Verschneidung, und glazial ausgebildete Trogtäler erstrecken sich bis an den Fuß des Gebirges. Und ähnliche Formen, die man allgemein als alpine Formen bezeichnen kann, kehren in anderen Gebirgen der gemäßigten Zone wieder und weisen überall auf ehemalige Vergletscherung hin. In tropischen Gebirgen von gleicher Höhe aber — ich denke etwa an die Kordillere von Bogotá — fehlen die glazialen Formen oder sind doch auf die oberste Höhenzone beschränkt.

Eine frühere Betrachtung (S. 20f.) hat uns gelehrt, daß auch in den Wüsten und Halbwüsten oder, anders ausgedrückt, den Trockengebieten, wofür man gelehrt: „aride Gebiete“ sagt, die Kleinformen anders ausgebildet sind als in feuchten (humiden) Klimaten. Bei der anderen Art der chemischen Zersetzung des Gesteins und dem Fehlen spülenden Wassers entfällt die Abrundung der Felsen, alle Formen sind eckig und felsig, Felspfeiler der verschiedensten Form bis zu den Pilzfelsen stehen neben gitterförmigen Zerfressungen des Gesteins und eigentümlichen Grottenbildungen. Und auch die Großformen sind andere. Ihre Beurteilung ist noch nicht ganz geklärt. Daß weiten Gebieten jede Durchtalung fehlt, erklärt sich aus der Regenlosigkeit oder wenigstens äußersten Regenarmut; aber in manchen Gegenden findet man ausgesprochene Trockentäler (Wadis) und große Felszirken oder Kesseltäler. Über die Wüstentäler stehen sich drei Meinungen gegenüber. Die Ansicht, daß es überhaupt keine eigentlichen Täler, sondern vom Winde ausgeblasene Hohlformen seien, läßt sich bei ihrer ausgesprochenen Talform nicht halten. Auch die Eintagsflüsse der Gegenwart, die sich rasch wieder verlaufen, reichen kaum aus, um so lange, stark gewundene und auch verzweigte Täler zu bilden. So müssen sie wohl aus einer Periode reichlicheren Regens und stärkeren Wasserabflusses stammen und sind ein Fall der klimatischen Entwicklung der Landschaften (s. Kap. IX).

VIII. Die Abhängigkeit der Landoberfläche vom inneren Bau.

Die morphologische Betrachtung hat die heutige Form der Erdoberfläche anfangs für einen fast unmittelbaren Ausdruck des inneren Baus gehalten. Erst nach und nach hat sie den großen Betrag der Ausgestaltung und Zerstörung erkannt und die wirkliche Oberfläche in ihrem Unterschiede von der tektonischen Oberfläche aufzufassen gelernt. Aber sie blieb dabei in enger Fühlung mit der Geotektonik und mit der Geologie überhaupt, blieb sich bewußt, daß die oberflächliche Umbildung immer in Abhängigkeit vom inneren Bau erfolge. Erst neuerdings will die *Davissche* Schule die Geographie von der Geologie befreien und an die Stelle der petrographischen Auffassung der Gesteine und der geologischen Altersbezeichnung eine besondere morphologische Auffassung setzen. Auch Faltenwurf und Verwerfungen werden als untergeordnet gegenüber den nur aus der Form zu erschließenden allgemeinen Hebungen und Senkungen betrachtet. *Rühl*¹⁾ fordert in dürren Worten reinliche Scheidung der Morphologie von der Geologie nicht nur in ihren Zielen, was ja gegenüber einer allzu umfassenden Richtung der Geographie berechtigt und schon sonst betont worden ist, sondern auch in ihren Forschungsmethoden. Ein solcher Wandel der Auffassung wäre zweifellos von großer Tragweite nicht nur für die Frage der Arbeitsteilung, sondern auch für den Inhalt und die Sicherheit der Erkenntnis. Deshalb müssen wir uns Klarheit darüber zu verschaffen suchen, in welchem Maße die Formen der Landoberfläche vom inneren Bau abhängen, und inwieweit die morphologische Auffassung mit der geologischen Hand in Hand gehen und sich auf sie stützen muß oder ihre besonderen Wege gehen darf.

In den Anfängen einer erklärenden Morphologie ist die Abhängigkeit der Oberflächenformen vom Gestein manchmal ganz in den Vordergrund gestellt worden; so finden wir in dem für seine Zeit sehr bedeutsamen und noch immer anregenden Buche von *Bernhard Cotta* über Deutschlands Boden die Verschiedenheiten der Oberflächenformen fast ausschließlich auf die verschiedene Gesteinsnatur zurückgeführt. Ähnliche Auffassungen treten uns in vielen älteren geologischen Büchern entgegen, und noch heute kann man dieser Auffassung manchmal bei Geologen und von der Geologie herkommenden Geographen begegnen. Die Forschung ist jedoch in zwei Richtungen dar-

1) Eine neue Methode auf dem Gebiete der Geomorphologie. Fortschritte der naturwissenschaftl. Forschung, hsg. von E. Abderhalden. VI. Bd., 1912, S. 80.

über hinausgegangen. Die Oberflächenformen gehen aus dem Gestein durch Verwitterung und Denudation hervor; diese sind aber je nach dem Klima verschieden und erzeugen daher aus dem gleichen Gestein in verschiedenen Klimaten verschiedene Formen; nur innerhalb eines bestimmten Klimas kann man einem Gesteine bestimmte Oberflächenformen oder vielmehr Neigung zu bestimmten Oberflächenformen zuschreiben. Der Einfluß des Gesteins tritt auch gegenüber der Gesamtform der Falten und Schollen und der tektonischen Oberfläche zurück; ob Abtragung oder Ablagerung herrscht, und welchen Linien die Erosion folgt, hängt der Hauptsache nach hiervon ab; das Gestein kommt erst in zweiter Linie, in der Leitung der nachträglichen Talbildung, im Ausmaße der Abtragung und in den Kleinformen zur Geltung.

Insoweit stimmt die bisherige deutsche Morphologie mit der neueren amerikanischen und amerikanisierenden Morphologie überein. Aber nun scheiden sich die Wege. Jene übernimmt die geologische Auffassung und Unterscheidung der Gesteine, diese will sie durch eine besondere morphologische Auffassung und Unterscheidung ersetzen. In den Arbeiten der „modernen“ Morphologie kommen die geologischen Gesteinsnamen, außer Kalk, selten und nur an nebensächlichen Stellen vor. Statt dessen spricht man von weichen und harten Gesteinen. Jene begünstigen Erosion und Denudation, Talbildung und Abflachung der Hänge, diese erschweren sie; harte Gesteine bleiben als Berge stehen, während die Umgebung eingeebnet wird. Dabei wird aber der Begriff der Weichheit oder Härte, wie *Rühl*¹⁾ offen eingesteht, ohne darin etwas Arges zu finden, nicht durch unmittelbare Beobachtung festgestellt, sondern erst aus der Talbildung und der Abflachung der Hänge erschlossen; also ein Zirkelschluß in bester Form. Auch in den Anfängen der Morphologie in den 70er Jahren, in den damaligen Arbeiten über Talbildung, hatte man den Wechsel zwischen Talengen und Talweitungen, Talstufen und Talterrassen unbesehen aus dem Wechsel harter und weicher Gesteine erklärt; aber *Löwel* hatte diesen Zirkelschluß gegeißelt, und seitdem hatte man sich vor ihm gehütet. Jetzt hält er unter amerikanischer Flagge von neuem seinen Einzug in die Wissenschaft. Diese war sich seit langem auch darüber klar geworden, daß die Widerständigkeit des Gesteines nur zum Teil in der mechanischen Härte, zum anderen, wahrscheinlich größeren Teil in der Durchlässigkeit, der Löslichkeit, der Verwitterbarkeit und der Art der Absonderung begründet ist. Das war ja aber

1) Ebenda S. 99.

nur deutsche Wissenschaft, die keine Beachtung verdiente; da jetzt auch Amerikaner diese Erkenntnis aussprechen, wird sie als neue Offenbarung angestaunt.¹⁾

Man kann jede der Eigenschaften des Gesteins, die auf die Oberflächenformen Einfluß haben, für sich auffassen. Aber damit kann man die übliche geologische Auffassung und Bezeichnung der Gesteine nicht ersetzen, in der die verschiedenen Eigenschaften der Gesteine nach Möglichkeit enthalten sind. Natürlich muß man bei manchen Gesteinen, z. B. Sandstein oder auch Granit, auf Unterarten eingehen, die Größe der Körner und die Art des Bindemittels berücksichtigen; aber wenn man hierbei kritisch verfährt, hat man in der gewöhnlichen geologischen Auffassung der Gesteine eine durch nichts zu ersetzende Grundlage der morphologischen Auffassung (vgl. s. S. 18ff.).

Auch noch aus einem anderen Grunde empfiehlt es sich, an die geologische Unterscheidung der Gesteine anzuknüpfen. Die einzelnen Eigenschaften der Gesteine, sei es nun ihre Härte oder ihre Durchlässigkeit, müssen von der Morphologie als Tatsachen hingenommen werden. Die geographische Verteilung der einzelnen Eigenschaften läßt sich nicht erklären, und damit versagt die auf sie gerichtete Auffassung gegenüber der eigentlich geographischen Frage. Auch die Verteilung der Gesteine können wir heute erst unvollkommen erklären; aber grundsätzlich erklärt sie sich aus ihrer Entstehung, und jeder Schritt in deren Erkenntnis bringt uns auch dem Verständnis ihrer Verteilung einen Schritt näher.

Anders als zu den Gesteinen verhält sich die Geographie zu den geologischen Formationen, d. h. zu der Auffassung des geologischen Alters. Hier kommt die verschiedene Aufgabe der Geographie und der Geologie zur Geltung. Diese muß das Alter in den Vordergrund rücken; denn sie ist eine geschichtliche Wissenschaft, ist Erdgeschichte, und ihre erste Aufgabe besteht in der Gewinnung einer Chronologie. Ehe sie nicht das Alter einer Schicht genau bestimmt hat, schweben ihre Beobachtungen über deren petrographische Beschaffenheit und deren Gehalt an Versteinerungen in der Luft. Der Geographie dagegen ist das geologische Alter der Gesteine und Schichten an sich gleichgültig; für ihre Betrachtung kommen sie nur als Baumaterialien in Betracht, deren Eigenschaften nicht von dem Alter, sondern von der Beschaffenheit abhängen. Früher hat man allerdings geglaubt, daß jedem Alter eine bestimmte Gesteinsbeschaf-

1) Ebenda S. 110.

fenheit entspreche, und noch *Humboldt* konnte die roten Sandsteine Süd-Amerikas mit dem deutschen Buntsandstein zusammenstellen. Aber obgleich diese Auffassung noch hie und da nachspukt, kann sie als abgetan gelten; wir wissen heute, daß die Gesteinsbeschaffenheit von der verschiedenen Art der gesteinsbildenden Vorgänge und der nachträglichen Umbildung abhängt. Nur für räumlich beschränkte Gebiete und in enger zeitlicher Begrenzung mit gleichen Bildungsbedingungen können wir einer geologischen Formation eine bestimmte Gesteinsbeschaffenheit zuschreiben. Sonst wird durch die Angabe der geologischen Formation nur die Aufmerksamkeit abgelenkt und das Gedächtnis unnütz belastet. Auch der Gedanke, aus der geologischen Karte die Verbreitung des Meeres in der betreffenden geologischen Periode ohne weiteres abzulesen, hat ja aufgegeben werden müssen, seit man die festländische Bildung vieler Ablagerungen und andererseits den großen Betrag der Abtragung kennen gelernt hat. So haben die geologischen Karten kleineren Maßstabes wenig Wert für die Geographie, um so weniger, je kleiner der Maßstab ist, je mehr Horizonte und Fazies also in einem Ausdruck vereinigt werden müssen; es ist meist ein Zeichen mangelnder methodischer Überlegung, wenn geographischen Darstellungen noch so oft geologische Übersichtskarten kleinen Maßstabes beigegeben werden.

Drittens handelt es sich um die Abhängigkeit der Oberflächenformen vom inneren Bau oder von der Tektonik, wobei man diesen Begriff enger oder weiter fassen kann.

Im engeren, früher üblichen Sinne, an den auch heute viele vorzugsweise denken, bedeutet er die Lagerungsverhältnisse im einzelnen¹⁾, d. h. die Streich- und Fallrichtung der Schichten und der Verwerfungen und die dadurch bedingte Anordnung der Gesteine; es ist die „Struktur“ der *Davisschen* Morphologie. Die Verteilung der Widerständigkeit hängt davon ab, und die Entstehung nachträglicher Längstäler, die Ausbildung von Stufen und Terrassen, der Wechsel von Talengen und Talweitungen können als Folgeerscheinungen daraus abgeleitet werden.

Aber die Wissenschaft muß über diese engere Bedeutung des inneren Baus hinausgehen. Die Lagerungsverhältnisse sind ihr heute nur die eine Seite des Bildes; zum vollständigen Bilde gehören auch die Ge-

1) Wir erkennen sie aus den geologischen Karten und noch deutlicher aus den geologischen Profilen; aber da diese meist überhöht gezeichnet werden, erscheinen die Einfallswinkel der Schichten zu groß. Daraus entspringen manche irrtümliche Auffassungen.

steine selbst sowie die großen, ganze Gebiete betreffenden Hebungen und Senkungen oder Verbiegungen, deren große Verbreitung und Bedeutung man mehr und mehr erkannt hat. Der innere Bau ist der vollständige Ausdruck der ganzen, aus den Vorgängen der Abtragung und Ablagerung und aus Dislokationen jeder Art bestehenden Bildungsgeschichte.¹⁾ In diesem Sinne sind Typen des inneren Baus etwa das rheinische Schiefergebirge als ein aus gefalteten Schiefem usw. bestehendes Rumpfschollengebirge, der Schweizer Jura als ein hauptsächlich aus Kalk aufgebautes einfaches Faltengebirge, die Alpen als ein durch viel stärkere Faltung und gewaltige Überschiebungen entstandenes und vielleicht später im ganzen gehobenes Gebirge. Auch die großen selbständigen vulkanischen Gebilde sind solche Typen; denn es liegt kein Grund vor, den Vulkanismus aus dem Begriffe der Tektonik auszuschließen.

Freilich ist der innere Bau kein Gegenstand unmittelbarer Beobachtung; denn er ist durch die Vorgänge der oberflächlichen Umbildung immer mehr oder weniger gestört worden. Vielmehr läßt er sich nur durch hypothetische Konstruktion wiederherstellen; aber dadurch wird nichts daran geändert, daß er einmal etwas Wirkliches gewesen ist oder vielmehr etwas Wirkliches wäre, wenn nicht eben von Anfang an die Kräfte der Oberfläche an seiner Zerstörung gearbeitet hätten. Die Oberfläche dieser wirklichen oder idealen tektonischen Gebilde kann man als die tektonische Oberfläche bezeichnen. Wir haben im fünften Kapitel gesehen, daß sie für das Verständnis der Richtung und Anordnung der Täler von weit tragender Bedeutung ist, und das Ergebnis der damaligen Betrachtungen erweiternd kann man sagen, daß ohne die richtige Vorstellung von der tektonischen Oberfläche die wirkliche Oberfläche nicht verstanden werden kann. Hier berührt sich die Geographie am stärksten mit der Geologie. Obgleich man die Tektonik theoretisch als einen Teil der Geographie auffassen kann und jede wissenschaftliche Länderkunde eine tektonische Cha-

1) *W. Penck* u. a. wenden sich gegen diese weitere Fassung des Begriffes „innerer Bau“. Die Frage hat selbstverständlich nur terminologische Bedeutung; aber die Terminologie erleichtert oder erschwert die Erkenntnis. Wir brauchen ein Wort für das Gesamtergebnis der inneren (endogenen) Vorgänge. Der Bau eines Hauses besteht nicht nur in der Lagerung der einzelnen Steine, sondern auch in deren Beschaffenheit und im Plan und Stil des Ganzen. Das Gleiche gilt für die feste Erdoberfläche. Auch die allgemeinen Hebungen (epirogenetischen Bewegungen) verändern die Lagerung der Schichten, nur daß wir diese Veränderung nicht unmittelbar beobachten, sondern nur erschließen können. Das Wort „Struktur“ kann man eher im engeren Sinne gelten lassen.

rakteristik der Länder geben muß, fällt die tektonische Forschung größtenteils der Geologie zu; die Geographie muß sich auf deren Schultern stellen.

Allerdings sucht sich die *Davissche* Schule auch durch eine andere Auffassung des Gebirgsbaus von der Geologie freizumachen. Die Faltungen, Überschiebungen, Verwerfungen usw., die in den Lagerungsverhältnissen zum Ausdruck kommen, sollen die heutige tektonische Form und Oberfläche nicht geschaffen haben; die von ihnen erzeugten Formen sollen vielmehr längst wieder zerstört und eingeebnet worden sein und nur noch als Ursache der Anordnung der Gesteine in Betracht kommen; die für das heutige Relief maßgebende Höhe der Gebirge und Hochländer soll vielmehr durch große allgemeine Hebungen und Senkungen oder Verbiegungen bewirkt worden sein. Gebirge wie der Apennin, der Schweizer Jura, die Alpen, die bisher als junge Faltengebirge galten, sollen morphologisch dasselbe sein wie die deutschen Mittelgebirge. Bei dieser Auffassung verliert der Begriff „Bau“ allerdings seine weitere Bedeutung und wird wieder in seine alte enge Bedeutung zurückgedrängt, und die Auffassung der großen tektonischen Vorgänge, des Mechanismus der Bewegungen, wird ziemlich überflüssig. *Davis* sieht in dieser Erklärung der Gebirgsformen aus dem allmählichen Zerschneiden gehobener Festebenen, statt aus einem komplizierten Gebirgsbau, einen außerordentlich wichtigen Fortschritt der Geographie¹⁾, wozu *Supan* bemerkt, daß sie vielmehr eine Bankerotterklärung der neuen Theorie sei²⁾.

Zweifellos zeigen viele Täler hoch gelegene alte Talböden, deren Höhenlage und Zerschneidung auf einer allgemeinen Hebung des Landes beruhen muß. Auch Einebnungen über größere Flächen scheinen stellenweise erfolgt zu sein. Daß aber ganze in jungtertiärer Zeit gefaltete Hochgebirge eingeebnet und dann von neuem zu gewaltiger Höhe gehoben oder sogar zum zweiten Male gefaltet worden seien, ist zwar oft behauptet, aber noch an keiner Stelle mit einiger Sicherheit bewiesen worden (s. o. S. 88 ff.). Die Talterrassen, aus denen wir die nachträgliche Hebung der Gebirge folgern, sind verhältnismäßig unbedeutende, den Tälern untergeordnete Erscheinungen, und sie beweisen, daß die Täler und Käme schon da waren, als die Hebung erfolgte. Die Gliederung und Gestaltung der Gebirge hängt also nicht von dieser, sondern vom ursprünglichen Bau ab, und in der Tat zeigt uns schon ein oberflächlicher Vergleich der verschiedenen Bautypen: der einfachen und komplizierten Faltengebirge (Deckengebirge),

1) Erklärende Beschreibung S. 305.

2) Physische Erdkunde. 6. Aufl. S. 727.

der Schollengebirge, der Rumpflatten und der Tafelländer, daß ihre Gestaltung im ganzen und im einzelnen, im großen und im kleinen verschieden ist.

Die vierte Frage bezieht sich auf das Alter der tektonischen Gebilde; denn das tektonische Alter ist für den Beginn der heutigen Umbildung und Ausgestaltung maßgebend, ist zugleich das Alter der heutigen Oberflächengestalt oder das morphologische Alter.

Bei den tektonischen Bewegungen handelt es sich selten um schnelle einheitliche Bildungsakte, die Zeitbestimmung ist darum meistens nicht scharf. Manchmal, namentlich im Bereiche des mittelländischen Meeres, verbinden sich auch zweierlei auf einander folgende Vorgänge, um den heutigen Bau hervorzubringen: erst Faltung und dann Zerstückerung durch Brüche mit Hebungen und Senkungen. Überhaupt haben vielfach nachträgliche Hebungen oder Senkungen oder Verbiegungen der ganzen Gebirgsmassen stattgefunden, deren Alter dann auch von morphologischer Bedeutung ist.

In vielen Gegenden können wir die Spuren mehrerer großer Gebirgsbildungen in weit getrennten Perioden feststellen; so hat das deutsche Mittelgebirgsland eine große Faltung um die Mitte der Karbonzeit durchgemacht, Verwerfungen und Schollenbewegungen seit der Mitte der Tertiärzeit bis in die Quartärzeit hinein erlitten. Auch im Bereiche der Alpen haben wahrscheinlich schon ältere Gebirgsbildungen stattgefunden, deren Spuren dann durch die übermächtige jüngere Gebirgsbildung mehr oder weniger verwischt worden sind. Für die Geologie haben sie alle, mögen sie nun älter oder jünger sein, gleiche Bedeutung; denn sie ist Erdgeschichte. Ihr sind sie als geschichtliche Ereignisse interessant, ja die älteren sind ihr sogar wichtiger als die jüngeren, weil sie die Anlage geschaffen und jenen den Weg gewiesen haben. Wenn der Geologe von der Gebirgsbildung Mittel-Europas spricht, denkt er vorzugsweise an die alte Faltung, und in dem monumentalen Werke von *Eduard Sueß* über das Antlitz der Erde treten überall die alten Faltungen in den Vordergrund vor den jüngeren Verwerfungen.

Der Standpunkt der Geographie ist anders. Die alte Faltung kommt nur noch in der Lagerung der Schichten, in der Struktur, zum Ausdruck; dagegen hängt die tektonische Form und tektonische Oberfläche der ganzen Gebirgskörper von den jüngeren Faltungen oder Verwerfungen ab. Das gilt nicht nur von den jungen Faltengebirgen, sondern auch von Schollengebirgen: der Schwarzwald und der Odenwald oder das rheinische Schiefergebirge und der Harz sind für uns,

dank ihren tertiären und quartären Bewegungen, Schollengebirge und erst in zweiter Linie Stücke alter Faltengebirge; jener Umstand bestimmt die Gliederung im großen, dieser nur im einzelnen.

In der *Davisschen* Schule hat der Begriff des Alters eine besondere Form angenommen (vgl. S. 46ff.). Sie mißt es nicht an der auf die Entwicklung der Pflanzen- und Tierwelt begründeten geologischen Chronologie, sondern an dem Maße der Umbildung, dem Charakter der Formen, der Physiognomie der Landschaft. Aber da das Maß der Umbildung nicht nur von der Länge der verflossenen Zeit, sondern auch von der größeren oder geringeren Widerständigkeit des Gesteines abhängt, ist dieser Altersbegriff, wie wir gesehen haben, kein reiner Zeitbegriff, sondern bezeichnet den Grad der Entwicklung. Es klingt paradox, ist aber wahr, daß die *Davissche* Schule, in der „Alter“ das dritte Wort ist, tatsächlich auf eine Altersbestimmung überhaupt verzichtet. Diese ist ja für die Geographie, die Wissenschaft von der Gegenwart der Erdoberfläche, von sekundärer Bedeutung, jedoch nicht bedeutungslos. Wenn man die Gesetzmäßigkeit des Baus der Erdoberfläche verstehen will, muß man das zeitliche Verhältnis der Gebilde zu einander kennen. Das Alter ist auch wichtig für die Auffassung aller Vorgänge der Umbildung. Nur auf Grund geologischer Zeitbestimmung können wir die Schnelligkeit der nach Gestein und Klima verschiedenen Umbildung beurteilen. Auch in junger geologischer Zeit haben ja die Klimate sowie Pflanzen- und Tierwelt gewechselt, und diese Wechsel haben großen Einfluß auf die oberflächliche Umbildung der Erdrinde ausgeübt; darum müssen wir das zeitliche Verhältnis der Gebirgsbildung zur Klimaänderung kennen.

So sehen wir uns zur Erklärung der Formen der Erdoberfläche überall auf die geologische Auffassung des inneren Baus zurückverwiesen. Der Studierende der Morphologie, der sich vielleicht schon gefreut hatte, das Studium der Geologie an den Nagel hängen zu können, wird wieder zum Hammer greifen und sich die Kenntnis der Gesteine und Formationen einprägen müssen. Die Geographie soll nicht zur Geologie werden, die geographische Beschreibung einer Landschaft darf auch nicht — darin stimme ich ganz mit *Davis* überein — in eine Erzählung der geologischen Geschichte auslaufen, wie es viel zu oft geschieht; aber die Auffassung des inneren Baus muß geologisch bleiben, und der Gedanke, morphologische Erkenntnis ohne die Hilfe der Geologie, ich möchte sagen: unter Umgehung der Geologie, zu gewinnen, ist ein Unding. Diese bleibt die unerläßliche Hilfswissenschaft der geographischen Morphologie.

IX. Die Entwicklung der Landoberfläche.

I. Das Wesen der Entwicklung.

Ausgangspunkt für die geographische Auffassung der Entwicklung der Landoberfläche muß die Entstehung des inneren Baus sein. Zwar haben *Davis* und andere vor ihm das letzte Auftauchen des Landes aus dem Meere als Urzustand angesprochen, und in vielen Fällen läuft es auf dasselbe hinaus, weil die großen Faltungen in den vom Meere überdeckten Geosynklinalen zu erfolgen scheinen; aber ob das immer der Fall ist, ob es auch von den Schollenbewegungen und den allgemeinen Hebungen und Senkungen gilt, ob sie nicht auch auf dem Festlande erfolgen können, entzieht sich noch unserer Kenntnis. Andererseits weiß die Geographie mit den Vorgängen der Abtragung und Ablagerung, die vor den großen tektonischen Umwälzungen liegen, nichts anzufangen; denn sie kommen an der heutigen Erdoberfläche nur durch die Beschaffenheit des Gesteins zur Geltung. Mit der Herstellung des innern Baus beginnt die geographische Entwicklung oder, um uns einmal des von *Davis* so viel gebrauchten Bildes zu bedienen, das geographische Leben der heutigen Erdoberfläche, allerdings nicht so, daß sie erst mit dessen Fertigstellung einsetzte, vielmehr zugleich damit, manchmal mit ihr Schritt haltend, meist wohl in langsamerem Tempo folgend (vgl. S. 36).

Entwicklung bedeutet zunächst eine Summierung der Wirkungen. Ebensowenig wie Rom an einem Tage erbaut worden ist, sind die Täler und Berge in einem Tage erschaffen worden. Vielmehr sind sie, nach der durch *Lyell* begründeten Anschauung, meist erst im Laufe vieler Jahrhunderttausende oder Jahrmillionen entstanden. Die Veränderungen durch die oberflächlichen Kräfte werden im Laufe der Zeit immer größer. Insofern kann man von einem Alter der Formen im wirklichen Sinne des Wortes, d. h. gleich der abgelaufenen Zeit, sprechen. Insofern kann man auch die auf einander folgenden Zustände der Abtragung oder Umbildung überhaupt als Entwicklungsstufen auffassen und in Entwicklungsreihen ordnen und deren Gesamtheit als einen Ablauf betrachten. Insofern müssen, theoretisch betrachtet, die Vorgänge der Umbildung des Landes, namentlich der Zerstörung und Abtragung, sich langsam einem Endzustande nähern, bei dem sie zum Stillstande kommen, weil nichts mehr zu zerstören ist, oder weil doch die Kräfte dem noch vorhandenen Lande nichts mehr anzuhaben vermögen. Aber bei welchem Zustande das der Fall ist, und ob es in der Natur überhaupt dazu kommt, kann nur durch eingehende induktive Untersuchung festgestellt

werden. Heute besteht darüber ein Streit der Meinungen, der sich auf die in einem früheren Kapitel erörterten Fragen zuspitzt, wie die Einebnungen oder Rumpfflächen entstanden sind, und mit welchem Rechte man junge Rumpfflächen angenommen hat.

Der Begriff der Entwicklung bedeutet aber weiter, daß andersartige Zustände der Vergangenheit noch in der Gegenwart nachwirken. Während die Witterung und auch die Klimate dank der leichten Beweglichkeit der Luft nur von den gegenwärtigen Einwirkungen abhängen, reichen die Ursachen der Oberflächenformen dank ihrer größeren Beständigkeit in die Vergangenheit zurück, zeigen nicht nur neu erworbene, sondern auch aus der Vergangenheit ererbte Eigenschaften; neben den Jetztzeit- stehen, um mit *Passarge* zu sprechen, auch Vorzeitformen. Der Wechsel der Bedingungen im Laufe der Zeit ist eine grundlegende Tatsache für die Auffassung der Oberflächenformen. In Bezug auf Art und Maß dieses Wechsels und die daraus entspringende Physiognomie der Landschaft aber verhalten sich verschiedene Gegenden verschieden. Manche Formgebilde und Landschaften sind ihrer Entstehung nach gleichartig, harmonisch oder, besser gesagt: homogen; es gibt aber auch andere, und das dürfte die Mehrzahl sein, die aus verschiedenen Zeiten stammen, verschiedenartigen Ursprung haben, disharmonisch oder heterogen sind.¹⁾ Je tiefer die morphologische Forschung in das Wesen der Landschaften eindringt, um so mehr treten ihr, wenn auch manchmal nur in kleinen oder versteckten Erscheinungen, die Spuren andersartiger Vergangenheit entgegen.²⁾

Die Unterschiede der Vergangenheit von der Gegenwart sind von zweierlei Art, und man muß danach zwei Reihen der Entwicklung unterscheiden. Auch nach den großen Bewegungen der Erdrinde, die den inneren Bau der festen Erdrinde im großen und ganzen geschaffen haben, haben meist noch endogene Vorgänge von geringerer Intensität stattgefunden: vulkanische Ausbrüche oder schwache Faltungen

1) Die Bezeichnungen homogen und heterogen scheinen mir das Wesen der Sache besser zu treffen als die von *Passarge*, Physiologische Morphologie S. 119, vorgeschlagenen Ausdrücke harmonisch und disharmonisch, die nicht kausal, sondern teleologisch sind, sich nicht auf den Ursprung, sondern auf die ästhetische Wirkung beziehen. Die später von *Salomon* vorgeschlagene Bezeichnung „tote Landschaften“ ist zu mißverständlich; auch ein Mensch ist nicht tot, wenn er unter andere Bildungseinflüsse kommt. Allenfalls könnte man „fossile“ Landschaften so nennen; aber der Ausdruck ist längst in ästhetischem Sinne vergeben.

2) Eine gute kritische Übersicht darüber gibt *Dacqué*, Grundlagen der Paläogeographie, Jena 1915.

und Schollenbewegungen oder, was wohl das häufigste ist, allgemeine Verbiegungen, säkulare Hebungen und Senkungen. Man kann sie in ihrer Gesamtheit als Entwicklung des inneren Baus oder tektonische Entwicklung bezeichnen. Durch sie werden das Niveau der Krustenstücke und auch das Gestein und dessen Lagerungsweise geändert; die Kräfte der oberflächlichen Umbildung bekommen gleichsam ein anderes Arbeitsfeld, ein anderes Material für ihre Arbeit. Neben die tektonische tritt aber eine klimatische Entwicklung, d. h. eine Änderung der Formen in Folge einer Änderung des Klimas. Diese beiden Arten der Entwicklung sind in der Hauptsache unabhängig von einander. Zwar ändert sich mit jeder größeren Hebung oder Senkung auch das Klima, und man hat hierauf die Eiszeiten zurückführen wollen; aber in Wahrheit scheinen diese Änderungen gegenüber den über die ganze Erde sich erstreckenden, auf kosmischen oder allgemeinen tellurischen Ursachen beruhenden Klimaänderungen nebensächlich zu sein. Bei dieser Zweifelt der Ursachen kann es keine einheitliche Auffassung der Entwicklung geben.

2. Die tektonische Entwicklung.

Der einfachste Fall der tektonischen Entwicklung, den die *Davis*-sche Theorie fast allein berücksichtigt, ist fortgesetzte, aber meist nicht stetige, sondern ruckweise oder doch durch Ruhepausen unterbrochene Hebung oder sanfte Aufwölbung oder Aufbiegung eines Stückes der Erdrinde. Diese auf große Strecken gleichmäßigen oder nur mit schwachen Neigungen verbundenen Bewegungen lassen sich in der Lagerung der Schichten nicht erkennen und lassen sich bei der Langsamkeit der Bewegung überhaupt fast nur an den Küsten unmittelbar wahrnehmen, wo schon geringe Hebung zu deutlichem Ausdrucke im Rückzuge des Meeres kommt. Lange hat man zweifeln können, ob der Meeresspiegel oder die feste Erdrinde das bewegliche Element sei, warum *Sueß* die neutrale Bezeichnung: negative Strandverschiebungen vorschlug; aber da die Strandlinien landeinwärts ansteigen und unregelmäßige Form haben, kann man wohl nur an Hebung denken, so daß der alte Ausdruck „säkulare Hebungen“ wieder gerechtfertigt erscheint. Wenn die Bewegung in der festen Erdrinde liegt, muß sie sich auch auf das Binnenland erstrecken; die von *Gilbert* studierten Verbiegungen der ursprünglich wagrechten Strandlinien des Lake Bonneville im Great Basin sind vermutlich dieselbe Erscheinung wie die Verschiebungen des Meeresstrandes, und der von ihm geprägte Ausdruck „epirogenetische Bewegungen“, den man nicht

auf andersartige Erscheinungen erweitern sollte, ist daher mit säkularer Hebung und Senkung gleichbedeutend. Vielleicht weisen die immerhin noch seltenen und unsicheren Beobachtungen über Änderungen der Aussicht an Punkten des Binnenlandes auf Hebungen oder auch Senkungen hin; im allgemeinen können wir aber darauf nur aus den morphologischen Folgeerscheinungen, namentlich Talterrassen, schließen, und ihrer Behauptung haftet daher immer eine gewisse Unsicherheit an (vgl. Kap. III).

Aus den in vielen Gebirgen in beträchtlicher Höhe auftretenden alten Talböden hat man seit langem auf Hebung der Gebirge geschlossen (vgl. S. 40). Aber sie wurde meist gegenüber der Faltung als eine verhältnismäßig untergeordnete Erscheinung, nur als Unterbrechung der Talbildung ohne größere Bedeutung für das Aussehen der ganzen Landschaft aufgefaßt; erst neuerdings sind die Hebungen für das eigentlich maßgebende Motiv der Gebirgsbildung überhaupt erklärt und ist im Zusammenhange damit den Perioden der Erosion eine viel weiter reichende Bedeutung für die Oberflächengestaltung zugeschrieben worden.

Ihren grundsätzlichen theoretischen Ausdruck hat diese Auffassung in *Davis'* Zyklentheorie (vgl. S. 46) gefunden, die in Wahrheit keine allgemeine Entwicklungstheorie ist, wofür sie manchmal gilt, sondern sich auf den Einfluß der Hebungen beschränkt und nur bei der Annahme eines großen Betrages der Hebung und einer sehr langen Dauer der dazwischen liegenden Stillstandsperioden wirklich weitreichende Bedeutung gewinnt. Das Leben der Landoberfläche beginnt nach dieser Theorie mit dem Auftauchen über den Meeresspiegel und der Erhebung zu einiger Höhe. Nun schneiden die Flüsse Rinnen ein, und deren Hänge werden durch Verwitterung und Bodenbewegung abgeflacht. Es entstehen Täler, und ihre Ausbildung schreitet immer weiter fort und durchläuft verschiedene Lebensalter oder Entwicklungsstufen, bis ein Endzustand erreicht wird, in dem die Talsohlen ganz flache Kurven darstellen und die Talhänge ganz schwach gegen jene geneigt sind. Die Entwicklung bis zu diesem Endzustande bezeichnet *Davis* als Zyklus. In der Folge kann eine neue Hebung einsetzen — *A. v. Böhm* vergleicht das mit dem Aufziehen einer Uhr — und die Erosion neu belebt werden; damit beginnt ein neuer Zyklus. Diese Entwicklung kann sich oftmals wiederholen. Anfangs, so in einem Aufsätze vom Jahre 1894 (*Essays* S. 181), unterschied *Davis* kleinere Unterbrechungen, die nur Episoden darstellten, von größeren, mit denen ein neuer Zyklus beginne; später haben er und seine Schüler diese Unterscheidung fallen lassen, und auch die kleinste Hebung wird

als Unterbrechung der Erosion und Beginn eines neuen Zyklus aufgefaßt. Störungen der „normalen“ Erosion durch vulkanische Ausbrüche und Klimaänderungen werden nicht als Unterbrechungen des Zyklus, sondern als Komplikationen betrachtet. Unterbrechungen des Ablaufes durch neue Faltungen oder durch Senkungen werden nicht berücksichtigt.

Diese Theorie enthält sachlich weniger Neues, als man ihr oft zugeschrieben hat. Sie führt nur eine neue Ausdrucksweise ein, legt stärkeren Nachdruck auf die Bedeutung der Hebungen und die Unterscheidung von Erosionsperioden und schreibt der in den Stillstandsperioden erfolgenden Einebnung größere Ausdehnung zu, als es sonst geschah. Aber durch ihre Konsequenz und ihren Schematismus hat sie die Aufmerksamkeit der Morphologen mehr als vorher auf diese Erscheinungen gelenkt; die Unterscheidung von Zyklen ist ein bevorzugter Gegenstand der Untersuchung, ja man kann fast sagen: die Aufstellung von Zyklen ist zur Manie geworden. Darum muß auch ihre Bedeutung kritisch geprüft werden.

Eine Unterbrechung kann in jeder Entwicklungsstufe der Erosion und Talbildung erfolgen. Am leichtesten gestaltet sich die Prüfung, wenn deutliche Talterrassen, d. h. hoch liegende Talböden, vorhanden sind, die Erosion das Gleichgewichtsprofil erreicht hatte, der Zustand der Reife eingetreten war. Insoweit die Annahme von Zyklen auf sie begründet ist, läßt sich nichts dagegen einwenden; freilich hat in diesem Falle die Eröffnung eines neuen Zyklus keine große Bedeutung für den allgemeinen Charakter der Landschaft.

Wenn die neue Hebung schon, wie es besonders bei den kleinen Nebentälern häufig der Fall sein wird, in einem früheren Entwicklungszustande einsetzt, ehe noch ein breiter Talboden geschaffen ist, wird sich die Unterbrechung des Einschneidens nicht in Terrassen erkennen lassen, und die Frage ist, ob man auf andere Weise die Unterbrechung der Erosion feststellen kann. Schon *Behrmann* hatte bei einer morphologischen Untersuchung des Harzes das Auftreten von Gehängeknicken dafür in Anspruch genommen, und in ähnlicher Richtung bewegen sich die Gedanken von *Walther Penck* (vgl. S. 36); aber in Wahrheit haben die Gehängeknicke kaum etwas mit dem Tempo der Erosion zu tun, sondern sind auf die Vorgänge der Denudation zurückzuführen.

War umgekehrt die Talbildung bereits über den Zustand der Reife hinausgeschritten und in den des Alters oder sogar des Greisenalters (nach *Davis*) eingetreten, war also das Land größtenteils eingeebnet

worden, so werden bei neuer Hebung und Neubeginn der Erosion nicht nur Talterrassen vorhanden sein; vielmehr wird das Tal in eine Fastebene eingesenkt sein. Bei *Davis* und seinen Schülern spielt dieser Vorgang eine große Rolle: die Bildung von Fastebenen als Gleichgewichtsf lächen der Erosion und darauf eintretende Hebung und Zerschneidung sind ein regelmäßiger Bestand ihrer Erörterungen; ähnlich wie früher die Tiergeographen die Erde in Bewegung setzten, um die Verbreitung irgend eines Käfers zu erklären, lassen sie ganze Stücke der Erdoberfläche auf und ab steigen, zerstört und eingeebnet werden, als ob es Theaterkulissen wären. Aber auch hier wird die theoretische Vorstellung durch die Tatsachen meist nicht bestätigt, die Behauptung der meisten „Fastebenen“ steht auf schwachen Füßen, und die Entstehung der wirklich vorhandenen Einebnungen muß man sich wahrscheinlich anders vorstellen (vgl. Kap. VI).

Dem Gedanken der Erosionszyklen wurde für die Auffassung des Landschaftsbildes darum besondere Bedeutung zugeschrieben, weil man danach gleichsam Stockwerke der Landschaft mit verschiedenem Betrage der Zerstörung unterscheiden zu können meinte; denn die Zerstörung im untersten Stockwerke habe nur enge Täler, in den oberen dagegen weite Hochflächen geschaffen und in den obersten höchstens noch einzelne Inselberge übrig gelassen. Das kann der Fall sein, braucht es aber nicht; denn solche Unterschiede der Stockwerke können auch in der verschiedenen Widerständigkeit der Schichten begründet sein. In Landschaften wie der südwestdeutschen Stufenlandschaft sind die weiten Ebenheiten Landterrassen, die in der verschiedenen Widerständigkeit des Gesteins ihren Grund haben, und höchstens auf die schmalen Talterrassen kann man Erosionszyklen begründen. Die Rumpfflächen des Schwarzwalds, des Odenwalds, des Spessarts und der Vogesen sind alte permische Rumpfflächen, die durch die Kräfte der Denudation in beliebiger Höhe über den Talsohlen wieder abgedeckt worden sind (s. S. 75), und dürfen nicht unbesehen als greisenhafte Oberflächenformen in die Betrachtung der heutigen Oberfläche übernommen werden; ihre Entstehung hat mit der heutigen Lebensgeschichte nichts zu tun, da Meeresbedeckungen und gewaltige Dislokationen dazwischen liegen. Die Auffassung der Zyklen und die Erklärung der Stockwerke der Landschaft sind zwei verschiedene Dinge: einzyklische Landschaften können bei großen Unterschieden in der Widerständigkeit der Gesteine aus einem Wechsel von weiten Hochflächen und engen Tälern bestehen, mehrzyklische Landschaften dagegen einfach gestaltete Täler mit mäßig breiten Talterrassen, ja selbst ohne solche zeigen.

Wenn in der *Davis*schen Theorie die allgemeinen Hebungen eine so große Rolle spielen, eine viel größere Rolle als die Senkungen, so muß dafür eine Ursache gesucht werden. *Rühl* hat sie in der Theorie der Isostasie zu finden geglaubt.¹⁾ Durch die Abtragung des Landes werde das Gleichgewicht der Erdkruste gestört; wenn diese Störung einen gewissen Betrag, einen Grenzwert, erreicht habe, werde der durch den Zusammenhang der Erdkruste gebotene Widerstand überwunden, und die Scholle hebe sich, um von neuem zerschnitten zu werden. Nach großen Abtragungen und Einebnungen des ganzen Landes kann man sich das denken, und für diesen Fall ist die Hypothese aufgestellt worden; sie will erklären, daß die Fastebenen nur ausnahmsweise im Niveau ihrer Entstehung, also in geringer Höhe über dem Meeresspiegel, meist jedoch in größerer Meereshöhe und in zerschnittenem Zustande auftreten. Aber neue Hebungen sind auch erfolgt, wenn es nur zur Bildung von Talterrassen gekommen war, und in diesen Fällen kann die vorangegangene Abtragung das Gleichgewicht der Erdkruste nicht gestört haben. Die Hypothese ist also zum mindesten ungenügend.

Den ausgedehnten Hebungen, Aufwölbungen, Aufbiegungen des Landes stehen ausgedehnte Senkungen, Einwölbungen, Einbiegungen gegenüber; sie sind uns von den Küsten bekannt und müssen sich, falls es sich nicht um Verschiebungen der Wassermassen des Meeres, sondern um Bewegungen der festen Erdrinde handelt, ebenso wie die Hebungen in das Binnenland verfolgen lassen. Sie sind von der Zyklentheorie vernachlässigt und eigentlich nur berücksichtigt worden, wenn bei der Senkung die unteren Talenden unter den Meeresspiegel tauchen und der „normale“ Zyklus durch den marinen abgelöst wird. Aber das gesenkte Land kann auch über dem Meeresspiegel bleiben. In diesem Falle verschiebt sich das Tal in Bezug auf die Gleichgewichtskurve. Wenn der Fluß noch im Einschneiden begriffen war, kann er es nur in verlangsamtem Tempo und mit geringerer Energie fortsetzen. Wenn er die Gleichgewichtskurve schon mehr oder weniger erreicht hatte, wird er jetzt aufschütten und eine Schotterebene bilden müssen. Zwar sind die Schotterebenen der großen Alpentäler kaum auf diese Weise zu erklären, vielmehr ist die Ansicht *Pencks* wahrscheinlicher, daß es sich hier um die Ausfüllung übertiefer Glazialtäler handle; wohl aber scheint bei manchen anderen Tälern, namentlich in tropischen Gebirgen, die Bildung von Schotterebenen eine Folge von Senkung oder Einbiegung des

1) Ztschr. Ges. f. Erdkde. 1911 S. 479 ff.

Bodens zu sein (s. S. 42 f.). Auch damit begänne ein neuer Zyklus, aber im entgegengesetzten Sinne. Bei neuer Hebung wird die Schotterebene in eine Schotterterrasse verwandelt, und neue Senkung mag wieder Schotterablagerung bringen. So können Zyklen entgegengesetzten Sinnes mehrfach mit einander wechseln.

Anders als bei den einfachen, auf große Strecken gleichmäßigen Hebungen oder Senkungen gestalten sich die Verhältnisse bei den Dislokationen im engeren Sinne: den Faltungen mit Überschiebungen und den Schollenbewegungen. In der neuen Literatur besteht eine gewisse Neigung, diese mit den allgemeinen sog. säkulären Hebungen und Senkungen unter der Rubrik: epirogenetische Bewegungen zusammenzuwerfen. Kaum mit Recht; diese unterscheiden sich von jenen durch die größere räumliche Ausdehnung und größeren zeitlichen Wechsel, es scheint sich bei ihnen oft um ein Auf- und Abschwanken zu handeln. Wenn die Schollen sehr ausgedehnt sind und die Hebung oder Senkung annähernd senkrecht erfolgt, ist ihre Wirkung auf die Flüsse und die Bodengestaltung in der Tat mit der Wirkung allgemeiner Hebungen und Senkungen zu vergleichen; Rumpfflächen und Landterrassen werden senkrecht gehoben und bewahren ihre Form. Anders dagegen, wenn die Verwerfungen sich dicht drängen und die Schollen mehr oder weniger schräg gestellt werden, und erst recht bei Faltungen und großen Überschiebungen. Diese Bewegungen kann man nicht als eine bloße Abwandlung der bisherigen Landschaft auffassen. Bei ihnen wird der innere Bau ganz umgestaltet, die Flußläufe und Täler der älteren Oberfläche werden zerstört; die Erosion wird nicht neu belebt oder verlangsamt, sondern in neue Bahnen gelenkt, muß von neuem beginnen, und nur wenige besonders starke Flüsse bewahren ihren Lauf gegen die Störung und treten als überlebende (antezedente) Flüsse in die neue Bodengestaltung ein. Die Auffassung der Zyklen versagt hier; es beginnt eine neue Lebensgeschichte, ganz ebenso wie wenn das Land unter den Meeresspiegel versinkt, um später wieder aufzutauchen. Die Geographie kann diese wechselnde Entwicklung nicht verfolgen, sondern muß den neuen inneren Bau als gegebene Tatsache hinnehmen.

Vulkanische Ausbrüche von beschränkter Ausdehnung bewirken nur unbedeutende Störungen, die meist ziemlich rasch überwunden werden. Dagegen erzeugen große, neue Berge schaffende vulkanische Ausbrüche sowie die über weite Gebiete ausgedehnten und oft sehr mächtigen vulkanischen Deckenergüsse und Tuffablagerungen, gleich den Faltungen und Schollenbewegungen, ein neues

Landschaftsbild, das mit dem alten kaum noch etwas zu tun hat. Trotz ihrer Jugend müssen sie als tektonische Oberfläche betrachtet werden.

3. Die klimatische Entwicklung¹⁾.

Neben der tektonischen Entwicklung der Erdoberfläche geht eine klimatische Entwicklung einher. Die Klimate der Erde haben sich verändert oder wenigstens verschoben, und die früheren Klimate haben an der festen Erdoberfläche deutliche Spuren hinterlassen, ihr teilweise einen so starken Stempel aufgedrückt, daß der heutige Landschaftscharakter oft mehr vom Klima der Vergangenheit als von dem der Gegenwart abhängt. Aber man darf auch nicht zu schnell an ein anderes Klima appellieren, wenn man nicht auch in der Beschaffenheit des Bodens und in Pflanzen- und Tierresten Beweise dafür hat. Manchmal ist es zweifelhaft, ob gewisse Oberflächenformen, z. B. Schotterterrassen oder die in breitere Täler eingeschnittenen Klammern oder hoch gelegene Rumpfflächen, auf Niveauverschiebung oder Klimaänderung hinweisen; im allgemeinen aber äußern sich Veränderungen des Klimas anders als solche des inneren Baus. Während diese hauptsächlich die Lage der Vorgänge verschieben, in den einfacheren Fällen ihr Niveau heben oder senken, in verwickelteren Fällen die alten Formen bis zur Unkenntlichkeit entstellen, schaffen die klimatischen Veränderungen einen anderen Stil: jedes Klima erzeugt eigenartige Formen, und wenn das Klima früher anders war, kommen verschiedenartige Formen zusammen; die Landschaft wird heterogen. Wie sich über einer antiken Basilika ein romanischer Dom wölbt, der nach oben gotisch wird, so sehen wir die Formen verschiedener Klimate über und in einander gefügt.

Die Veränderungen der Erdoberfläche bei einem Wechsel des Klimas sind manchmal sehr mannigfaltig und verwickelt. Die großen Vorgänge der Umlagerungen werden andere: Gletscher treten an Stelle der Flüsse und umgekehrt, die Wasserführung der Flüsse vermehrt oder vermindert sich, sie bekommen ausgesprochene Periodizität oder verschwinden ganz, die Wirkung des Windes gewinnt oder verliert an Bedeutung. Aber auch Verwitterung und Denudation ändern sich: bei einer Schwankung der Temperatur um den Nullpunkt gewinnt oder

1) Dieses Problem behandelt auch *Passarge*, Physiologische Morphologie, Kap. V, sowie *Pencks* Abhandlung: Die Formen der Landoberfläche und Verschiebungen der Klimagürtel, Sitz. d. preuß. Akad. d. Wiss. 1913 S. 577 ff. Der Morphologie der Klimazonen ist der dritte Teil der Düsseldorfer geographischen Vorträge, Breslau 1927, gewidmet.

verliert die Frostverwitterung an Wichtigkeit, bei einer Vermehrung oder Verminderung der Feuchtigkeit ändert sich die chemische Zersetzung, bei Austrocknung vergrößert sich die Insolation und infolgedessen der Zerfall des Gesteins. Schließlich ändern sich auch die Pflanzen- und Tierwelt, und auch davon gehen mannigfache, erst zum Teil geklärte Einflüsse nicht nur auf Verwitterung und Denudation, sondern auch auf die großen Vorgänge der Umlagerung aus. Natürlich kann ein klimatischer Zustand nur dann wirkungsvoll werden, wenn er lange genug andauert; rasch vorübergehende, episodische Klimaänderungen hinterlassen keine oder unbedeutende Wirkungen. Man kann theoretisch annehmen, daß die einem Klima eigentümliche Ausbildung um so ausgeprägter sei, je länger es andauert; *Davis* hat in der Tat in diesem Sinne von glazialen und ariden Zyklen gesprochen, und *Gautier* hat neuerdings die verschiedenen Wüstentypen als Altersstufen gedeutet. Aber auch hier sind die Gebilde verschiedener Art oder Intensität des Vorganges zu Unrecht für Folgen verschiedenen Alters genommen worden.

Diese Veränderungen gehören in bestimmter Weise zusammen. In jedem eigenartigen Klima haben, bei gleichem inneren Bau, die Vorgänge der Umlagerung, Verwitterung und Denudation ebenso wie die von der Pflanzen- und Tierwelt ausgehenden Einflüsse und demgemäß die Oberflächenformen und Bodenarten einen bestimmten Charakter, sind auf den gleichen Ton gestimmt. Jede Klimaänderung wird von bestimmten Änderungen der Vorgänge und der Ausbildung der Formen und Bodenarten begleitet. Der Forschung erwächst daraus die wichtige Aufgabe, die morphologische Eigenart jedes Klimas und jedes Klimawechsels zu untersuchen. Wenn man über die Vorgänge und die daraus hervorgehenden Formen in verschiedenen Klimaten nachdenkt, wird man manche Erscheinungen verstehen lernen; aber ein durchgreifender Versuch einer deduktiven Ableitung der Morphologie der verschiedenen Klimate und Klimawechsel, wie ihn *Passarge* in seiner Physiologischen Morphologie unternommen hat, scheint mir verfrüht zu sein. Dazu sind uns die Vorgänge noch zu wenig bekannt. Der gewiesene Weg der Untersuchung ist auch hier die Induktion, die aber kein empirisches Auffaffen sein darf, sondern von theoretischem Nachdenken geleitet werden muß.

Der jüngste von der Gegenwart verschiedene Klimazustand Europas, der auf dessen Besiedelungsgeschichte den größten Einfluß geübt hat, ist ein etwas trockeneres Klima. Man hat es zuerst aus den Relikten der damaligen Floren erschlossen und dann auch in einer eigentümlichen Zwischenschicht der Torfmoore, dem sog. Grenzhorizont, er-

kannt. Vielleicht sind die Dünen, die man in manchen deutschen Landschaften findet, in jener Zeit entstanden; aber sonst hat man in der Form der Landoberfläche ihre Spuren noch nicht gefunden.

Der deutsche Löß ist älter und gehört nach der heutigen Auffassung der Geologen keiner wärmeren und trockeneren Zwischeneiszeit, sondern der jüngeren Eiszeit an. Sie leiten den Staub, durch dessen Anhäufung er gebildet ist, aus den Ablagerungen der eiszeitlichen Gletscher und Inlandeismassen oder ihrer Schmelzwässer oder auch aus jüngeren Flußanschwemmungen ab, und dafür spricht in der Tat die häufige räumliche Verknüpfung der beiden Erscheinungen in den deutschen und anderen Lößgebieten, obgleich es nicht recht verständlich ist, daß die Grassteppe, in der der Lößstaub sich abgelagert haben muß, bis an das Eis herangereicht haben soll¹⁾. Aber gerade bei den wichtigsten Lößgebieten der Erde fehlt diese Verknüpfung, sie sind vielmehr an die Nachbarschaft von Wüsten gebunden; bei ihnen bleibt daher *Richthofens* großartige Auffassung im ganzen zu Recht bestehen. Einen Irrtum hatte er nur insofern begangen, als er den Staub in den abflußlosen Wüsten abgelagert werden und die Zertalung und Entsalzung der Ablagerung nachfolgen ließ. Staubabsatz ist aber nur in einem Gebiete mit periodischen Regen und geschlossener Grasdecke möglich, und in einem solchen müssen sich in der Regenzeit Flüsse bilden und Täler einschneiden. Die Wüsten mit Trockenklima entbehren nach den Untersuchungen *Obrutschews* den Löß; dieser gehört vielmehr hauptsächlich den Grassteppen an und ist dort unter ähnlichen Bedingungen gebildet worden, wie sie in der Gegenwart herrschen. Nur wo sich Löß in heutigen Waldländern findet, muß man für die Zeit seiner Bildung auf ein anderes, trockeneres Klima schließen.

Daß Deutschland noch in junger geologischer Vergangenheit ein Wüstenklima gehabt habe, ist eine unbegründete Behauptung. Die eigentümlichen Felsformen des Quadersandsteines und zum Teil auch des Buntsandsteines, auf die man die Behauptung gestützt hat, sind keine „Wüstlinge“, sondern verdanken ihre Entstehung der Durchlässigkeit des Gesteins; es liegt hier eine jener Konvergenzbildungen vor, durch die sich so viele Forscher täuschen lassen.

Die bekannteste und am besten untersuchte Erscheinung der klimatischen Entwicklung ist die Eiszeit. Bis weit in die gemäßigte Zone hinein war der größte Teil des Landes wahrscheinlich wiederholt von gewaltigen Inlandeismassen überdeckt, und bis in die Äquatorial-

1) Dieses Bedenken bleibt auch nach der ausführlichen Darlegung von *Soergel*, Löß, Eiszeiten und paläolithische Kultur, Jena 1919, bestehen.

zone trugen die höheren Gebirge Firndecken, von denen sich kleine oder große Gletscher in die Täler senkten; das Klima war kälter, die Pflanzenwelt und Tierwelt der größeren Kälte angepaßt. Die Eiszeiten stellen Episoden, wenn auch gewaltige Episoden, in der Entwicklung der Erdoberfläche dar; nicht nur in den Zwischeneiszeiten, sondern auch vorher, am Schlusse der Tertiär- und am Beginne der Quartärzeit, war das Klima ebenso warm, ja teilweise wärmer als in der Gegenwart, wurde daher die Bodengestaltung von denselben Kräften wie heute, nämlich von den Flüssen und vom Regenwasser, beherrscht. Die Gletscher legten sich in die vorhandenen Täler oder überdeckten fluviatil gestaltete Hügelländer oder Ebenen. Wenn man die heutige Bodengestaltung verstehen will, muß man nicht bloß die Bodengestaltung der Eiszeit, sondern auch die präglaziale Bodengestaltung aufzufassen suchen. Lebhaft wird heute die Frage erörtert, ob in den Alpen die Talsohlen beim Eintritte der Vergletscherung das Gleichgewichtsprofil mehr oder weniger erreicht hatten, oder ob die Flüsse in voller Erosion begriffen waren, ob gewisse Formen der Vergletscherung zuzuschreiben oder ältere Flußwerke sind. Die Entscheidung wird sich kaum durch eine auf die Alpen beschränkte Untersuchung, sondern nur durch einen umfassenden Vergleich mit unvergletscherten Hochgebirgen wärmerer Klimate fällen lassen. Wenn es mehrere Eiszeiten gegeben hat, die durch wärmere Zwischeneiszeiten getrennt waren, wird man auch die bodengestaltende Wirkung der verschiedenen Eiszeiten unterscheiden müssen. Die Unterscheidung mehrerer Eiszeiten ist ja von der Unterscheidung mehrerer Schotterterrassen ausgegangen; aber für die inneren Gebiete der überwiegenden Ausräumung durch die Gletscher, ist die Unterscheidung großenteils erst noch vorzunehmen; die Aufstellungen von *Lucerna* sind von anderen Glazialforschern stark angefochten worden.

Ogleich über die Formenbildung der glazialen Erosion und der glazialen und fluvioglazialen Ablagerung im einzelnen noch große Meinungsverschiedenheiten bestehen (vgl. S. 1017 u. 1297), ist deren große Bedeutung jetzt allgemein anerkannt. Dagegen hat sich die Aufmerksamkeit erst neuerdings stärker auf den Einfluß des kälteren Klimas gerichtet, das in den Eiszeiten auch abseits vom Eise geherrscht haben muß. An den über den Firn und die Gletscher aufragenden Gipfeln und auch in einem weiten Umkreise der Vergletscherung, in den periglazialen Gebieten, wie man sich ausgedrückt hat, müssen Verwitterung und Bodenbewegung anders als heute und vielmehr ähnlich wie in den Tundren der Polarzone gewesen sein: Frostverwitterung und Bodenfluß müssen eine größere Rolle gespielt, und auch

der Wind mag größere Tätigkeit entfaltet haben; wird doch das Material des Lösses in Deutschland von der Mehrzahl der Geologen aus den nackt daliegenden Moränen und fluvioglazialen Schottern abgeleitet! Aber da es sich dabei weniger um eine Änderung im Wesen als in der Stärke der Verwitterung und Denudation handelt, ist es schwer, die periglaziale Bodengestaltung von der heutigen zu unterscheiden. Wie es bei neuen Gedanken leicht geschieht, ist man in der Behauptung periglazialer Wirkungen wahrscheinlich zu weit gegangen und hat der Eiszeit Formen zugeschrieben, die, wie Blockströme und Felsenmeere, auch in der Gegenwart gebildet werden können.

In den Wüsten und Halbwüsten, die in subtropischen Breiten so große Flächen einnehmen, haben *Fraas, Hull, Gilbert* und andere Forscher die Spuren eines feuchteren Klimas der Vergangenheit gefunden; sie haben es als Pluvialklima bezeichnet und als gleichzeitig mit der Eiszeit höherer Breiten aufgefaßt. Der verdiente Erforscher der Bodengestaltung der Wüste, *Johannes Walther*, hat zwar dagegen Widerspruch erhoben; aber durch seine liebevolle Versenkung in die Erforschung der heutigen Vorgänge der Wüste verleitet, hat er ein an sich berechtigtes Forschungsprinzip, das darauf hinausläuft, eine andersartige Vergangenheit nicht eher zu Hilfe zu rufen, als sich die Kräfte der Gegenwart wirklich unzureichend erweisen, in diesem Falle doch wohl zu Unrecht angewandt. Die Tatsache der Klimaänderung dürfte, wie *Blanckenhorn* betont, wenigstens für die nördlichen Randgebiete unbestreitbar sein. Keinenfalls kann der Wind langgestreckte Hohlformen mit dem immer wiederkehrenden Gegensatz von Prallhängen und Gleithängen und überhaupt mit allen Merkmalen von Tälern ausgeblasen haben, und auch die Regenfluten der Gegenwart dürften kaum im Stande sein, so lange Täler und so reich verzweigte Talsysteme zu schaffen, wie sie sich in manchen Teilen der Sahara und Arabiens finden. Zweifelhafter ist die Beweiskraft der Schotterterrassen, die am Rande des Niltales und ähnlich in anderen Gegenden vor der Mündung der größeren Wadis liegen. Sie werden von *Blanckenhorn* als Gebilde eines feuchteren Klimas gedeutet; *Passarge* meint dagegen, daß man sie eher als Gebilde eines trockeneren Klimas auffassen müsse, während die Erosion einem feuchteren Klima angehöre. Vielleicht hängt ihre Bildung, ähnlich wie die Bildung von Terrassen am Rande des ober-rheinischen Grabens, überhaupt nicht mit Klimaänderungen, sondern mit Fortschritten in der Senkung des (allerdings noch zweifelhaften) Nilgrabens zusammen. In Zentralgebieten werden in feuchten Perioden die Seespiegel steigen, so daß es vielleicht sogar zu einem Abflusse

kommt; seit *Gilbert* und *Russell* hoch liegende Strandterrassen und alte Abflüsse der großen Seen des nordamerikanischen Kordillerenlandes nachgewiesen haben, hat man ähnliche Erscheinungen auch in anderen Zentralgebieten gefunden.

Über Änderungen des Klimas der Tropen in der Quartärzeit liegen, von der tieferen Lage der Schneegrenze und der Erstreckung der Gletscher weiter talabwärts abgesehen, erst wenige Beobachtungen vor. Wahrscheinlich ist die Temperatur allgemein etwas niedriger gewesen. Es wäre auch an die Möglichkeit zu denken, daß das periodisch feuchte Steppen- und Savannenklima oder umgekehrt das immerfeuchte Waldklima weiter ausgedehnt als heute gewesen seien. *Lang* meint, daß der Laterit nicht in immerfeuchtem, sondern in periodisch feuchtem Klima gebildet worden sei, und nimmt da, wo er heute in immerfeuchten Gebieten auftritt, Klimaänderung an.

Am Schlusse der Pliozänzeit scheint das Klima dem der Gegenwart ähnlich gewesen zu sein. Für die Miozänzeit müssen wir aber in höheren Breiten aus der fossilen Flora und auch aus der heutigen Verteilung der Pflanzen auf ein beträchtlich wärmeres Klima schließen. Süd-Grönland hat nach *Heer* damals ein Klima wie das heutige von Carolina gehabt. In den Gebirgen muß die Schneegrenze höher gelegen haben; in Höhen, die heute verfirmt und vergletschert sind, konnte das fließende Wasser Täler einschneiden; denn die Täler, in die sich später die Gletscher hineingelegt haben, stammen wahrscheinlich aus jener Zeit, die auf die großen Vorgänge der Gebirgsbildung folgte. Dagegen scheint das Klima mittlerer Breiten stellenweise trockener als in der Gegenwart gewesen zu sein: nach den Untersuchungen *Pencks* war das innere Spanien ein abflußloses Zentralgebiet ähnlich wie heute etwa das Schottgebiet der Atlasländer und das Innere Kleinasiens. Nicht nur die an Gips und Salz reichen Ablagerungen der Hochebenen weisen darauf hin, sondern auch die eigentümlichen Felsplatten am Fuße des castilischen Scheidegebirges haben heute nur in den Felsplatten des periodisch feuchten Tropenklimas ein Analogon; erst in junger Zeit scheint das Innere Spaniens in die periphere Entwässerung einbezogen worden zu sein. *Penck* meint, daß dafür auf der Äquatoralseite der heutigen Trockenzone feuchteres Tropenklima hereinreichte. Vielleicht gehören die roten Laterite, die *Walther* im Grenzgebiete des ägyptischen Sudans und der Sahara gefunden hat, dieser Zeit an.

Die klimatischen Verhältnisse noch früherer Zeiten, etwa von der Mitte des Tertiärs rückwärts, kommen für das Verständnis der Gegenwart im allgemeinen wenig in Betracht, weil die in jener Zeit geschaf-

fene Bodengestaltung durch die großen seitdem erfolgten Dislokationen meist verwischt ist. Nur in Gebieten, in denen große Landmassen seit jener Zeit stabil gewesen sind, mag sich die Bodengestaltung alttertiärer und mesozoischer Zeit bewahrt haben. Aber wenn *Passarge* die Platten- und Inselberglandschaften des tropischen und subtropischen Afrikas aus einem während der ganzen mesozoischen Zeit herrschenden Wüstenklima zu erklären gesucht hat, so wird man dagegen einwenden, daß die Inselberglandschaften in allen Erdteilen in periodisch-feuchten Klimagebieten auftreten und in diesem Klima auch leichter zu verstehen sind als in Trockengebieten.

Bei einem Überblick über die Klimaänderungen der jüngeren Zeit drängt sich uns eine wichtige Erkenntnis auf. Es liegt bisher kein Grund zur Annahme von Klimaten vor, die von denen der Gegenwart ihrer ganzen Art nach verschieden gewesen sind; vielmehr handelt es sich um graduelle Abstufungen oder — was teilweise auf dasselbe hinauskommen mag — um Verschiebungen in der Lage der Klimagebiete: die Klimate haben einen mehr polaren oder mehr äquatorialen, einen mehr ozeanischen oder mehr kontinentalen Charakter als in der Gegenwart gehabt. Es ist eine wichtige Aufgabe der Geologie bzw. Paläogeographie, diesen Verschiebungen und Veränderungen nachzugehen, wobei sie sich aber nicht, wie sie es bisher gewöhnlich getan hat, auf die Verfolgung einzelner klimatischer Faktoren beschränken darf, sondern die Klimate in ihrem ganzen Wesen und in ihrer Ursächlichkeit auffassen muß. *W. Köppen* und *A. Wegener* haben einen ersten umfassenden Versuch in dieser Richtung unternommen, der aber vielleicht zu sehr von einer bestimmten Theorie getragen ist.

Bisher sind uns weder die Ursachen der den inneren Bau bestimmenden Vorgänge noch der Klimaänderungen mit einiger Sicherheit bekannt und deduktive Ableitung der Veränderungen aus ihren Ursachen ist demnach vorläufig nicht möglich. Einen gewissen Beistand für die Feststellung vergangener Klimate leisten die Untersuchung der fossilen Floren und Faunen und die pflanzen- und tiergeographische Untersuchung. Die aus der morphologischen oder bodenkundlichen Untersuchung gezogenen Schlüsse bekommen ein anderes Gewicht, wenn sie dadurch bestätigt werden. So war es für die Annahme von *Richthofens* Lößtheorie sehr förderlich, daß *Nehring* durch die Untersuchung der im Löß enthaltenen Tierreste zu der gleichen Auffassung kam. Die Kenntnis des wärmeren Klimas der Tertiärzeit wurde durch *Heers* Untersuchung der fossilen Flora Grönlands angebahnt. Der größere Teil der Aufgabe scheint aber der Analyse der Formen und der Bodenbeschaffenheit zuzufallen. Sie hat erst spät eingesetzt,

aber schon große Ergebnisse gezeitigt. Jedoch hat man manchmal nicht die genügende Vorsicht walten lassen und ist darum zu Trugschlüssen gekommen. Aus dem Vorkommen bestimmter Oberflächenformen in einer Gegend darf man nicht, bloß weil sie heute auch oder sogar vorzugsweise in der Wüste oder im Polarklima vorkommen, ohne weiteres auf ein früheres Wüstenklima oder Polarklima einer Gegend schließen, ohne sorgfältig zu prüfen, ob nicht dieselbe Oberflächenform auch unter den gegenwärtigen Bedingungen gebildet werden kann. Die Untersuchung muß zuerst immer die Bildungsmöglichkeiten der Gegenwart prüfen, und erst, wenn diese versagen, darf sie die der Vergangenheit zu Hilfe rufen. Namentlich die Kleinformen der Verwitterung haben sich verhältnismäßig selten aus einer ganz andersartigen Vergangenheit bewahrt; im allgemeinen spiegelt sich diese nur in den größeren Formen wieder. Man darf auch nicht einseitig nur an den Wechsel der Tektonik oder nur an den des Klimas denken, sondern muß immer beide Möglichkeiten im Auge behalten; denn obgleich sich die Wirkungen tektonischer Veränderungen im allgemeinen von denen klimatischer Veränderungen unterscheiden, jene mehr das Niveau, gleichsam das Stockwerk der Erosion und Abtragung, diese ihren Stil betreffen, ist dieser Unterschied doch nicht durchgreifend. Bei der Erklärung mancher Groß- und Kleinformen kann man noch zweifelhaft sein, ob sie durch eine Niveauveränderung oder eine Klimaänderung bewirkt worden seien! Die Deduktion läßt beides möglich erscheinen; die Entscheidung liegt bei der induktiven Untersuchung.

X. Die morphologische Wechselbeziehung der Landschaften.

Die Vorgänge der oberflächlichen Umbildung der festen Erdrinde zerfallen in zwei Klassen: die Verwitterung, mag sie nun mechanischer Zerfall des Gesteines oder chemische Zersetzung sein, und die Vorgänge der Bewegung und Umlagerung, der Wegnahme oder Abtragung, des Transportes und der Ablagerung. In der Wirklichkeit gehen diese beiden Klassen von Vorgängen natürlich zusammen: an die Verwitterung knüpft sich immer eine Umlagerung an, und wenn es auch nur durch die Schwerkraft wäre, und umgekehrt ist die Umlagerung immer auch mit einer Änderung der stofflichen Beschaffenheit, z. B. Verkleinerung und Abrollung der Gesteine, verbunden. Aber ihrem Wesen nach sind sie verschieden, hängen von verschiedenen Ursachen ab und wirken in verschiedener Weise auf die Gestaltung der Erd-

oberfläche. Namentlich ein Unterschied ist wesentlich: die Vorgänge der Verwitterung werden durch die Bedingungen der betreffenden Erdstelle bestimmt; im Wesen der Umlagerung dagegen liegen Beziehungen verschiedener Erdstellen zu einander. Jede Abtragung hat notwendigerweise Ablagerung an anderer Stelle zur Folge, und diese wirkt auf die Abtragung zurück. Es besteht Wechselwirkung oder Korrelation.

Da Vorgänge der Umlagerung nirgends fehlen, gibt es keine Erdstelle, die ganz in sich begründet, von anderen ganz unabhängig wäre; vielmehr läßt sich jede in Bezug auf die oberflächliche Umbildung nur als Teil eines größeren Komplexes oder Systems, eines Erdraumes, auffassen. Wohl aber sind die Ausdehnung und das Maß der Umlagerung verschieden. Ihr Schauplatz kann ein räumlich ganz beschränktes Gebiet, z. B. ein Berghang, sein, an dem Schwere, Regen- und Bodenwasser oder Lawinen das durch die Verwitterung gelockerte Material hinabführen und am Fuße anhäufen. Die Umlagerung ist in diesem Falle eine Folge des Höhenunterschiedes; klimatische und überhaupt regionale Gegensätze kommen kaum in Betracht. Natürlich erzeugt die Bewegung Schutt, der sich im Material und in der Oberflächenform vom anstehenden Fels und seiner Verwitterungsdecke abhebt; aber diese Umlagerung schließt sich noch ziemlich nahe an die Verwitterung an und hängt von denselben Bedingungen des Klimas und Gesteines ab, so daß man die geographische Verteilung der Verwitterung und Denudation gemeinsam auffassen kann. Eine besondere Rolle spielt die Umlagerung erst, wenn sie das Material aus einer Gegend in eine andere bringt, wobei auch die verschiedenen Höhenzonen eines Gebirges als verschiedene Gegenden aufzufassen sind, und dadurch eine Gegend von der anderen abhängig macht, so daß sie nicht mehr aus den in ihr herrschenden Bedingungen allein, sondern nur aus ihrem Verhältnisse zu anderen Gegenden verstanden werden kann. *A. Penck*¹⁾ unterscheidet danach zwischen autochthonen und allochthonen Erscheinungen; *Passarge*, der früher von konsonanten und dissonanten Erscheinungen sprach, schlägt neuerdings²⁾ Heimat- und Fremdlingformen vor, wofür ich lieber ortsständige oder eingeborene und ortsfremde Formen sagen möchte, weil dem Worte „Heimat“ doch ein besonderer Sinn innewohnt.

Wir kennen an der Landoberfläche drei Vorgänge der Bewegung und Umlagerung größeren Maßstabes oder der regionalen Bewegung und

1) Sitzungsberichte d. kgl. preuß. Akad. d. Wiss. phys.-math. Kl. 1900 S. 246.

2) Landschaftskunde Bd. III S. 100.

Umlagerung, nämlich Gletscher, Flüsse und Wind; von den Vorgängen an den Küsten soll hier wie in den vorigen Kapiteln noch abgesehen werden. Danach können wir zwischen Bewegung und Umlagerung durch Gletscher, durch Flüsse und durch den Wind oder zwischen glazialer, fluviatiler und äolischer Bewegung und Umlagerung unterscheiden.

Das Auftreten und die Herrschaft dieser drei Arten der Bewegung und Umlagerung sind klimatisch bedingt, sie nehmen in verschiedenen Klimagebieten ihren Ausgang; aber ihre Herrschaft fällt nicht mit diesen zusammen, erstreckt sich vielmehr darüber hinaus in die Nachbargebiete.

Drei Haupttypen des Klimas kommen in Betracht.¹⁾ Im Firn- oder nivalen Klima reicht die sommerliche Wärme nicht aus, um den im Winter gefallenen Schnee zu schmelzen; dieser bleibt als ewiger Schnee oder Firn liegen. Im feuchten (oder humiden) Klima reicht zwar die Wärme aus, um den im Winter gefallenen Schnee zu schmelzen, aber die Verdunstung nebst der Versickerung ist nicht so groß, daß sie den in fester oder flüssiger Form gefallenen Niederschlag aufzehrte. Im trockenen (oder ariden) Klima übertrifft die Verdunstung den Niederschlag nicht nur im Jahresmittel, sondern während des ganzen Jahres und zehrt ihn auf.

Diese Klimatypen sind nicht genetisch verschieden, sondern quantitative Abstufungen und zerschneiden ziemlich zufällig Klimate, die ihrem Klimacharakter nach einheitlich sind; aber für den Wasserhaushalt und die Bodengestaltung sind sie von der größten Bedeutung. Das Firnklima ist das Nährgebiet der Gletscher; diese bleiben aber nicht im Firnklima, sondern erstrecken sich, dank ihrer Bewegung, in das warm-feuchte Klima. Das immer oder periodisch feuchte Klima ist das Nährgebiet der Flüsse, diese können aber in trockene Gegenden hineinfließen. Im dauernd trockenen Klima der Wüste können nur Eintagsflüsse entstehen, und nur von außen können perennierende oder periodische Flüsse eintreten; hier entfaltet, neben den gelegentlichen Regengüssen, der Wind seine bodengestaltende Tätigkeit, indem er auf dem kahlen pflanzenleeren Boden Sand und Staub aufnimmt und wegbläst. Die Wüste ist das Nährgebiet der äolischen Umlagerung; aber sie ist nur das Ablagerungsgebiet des Sandes, während der Staub herausgeweht wird und erst in der Nachbarschaft zur Ablagerung kommt. Glaziale, fluviale und pluviale

1) Vgl. *Penck*, Klimaklassifikation auf physiogeographischer Grundlage. Sitz.-Ber. d. Berliner Akademie, phys.-math. Kl. 1910 S. 236 ff.; vgl. meine Besprechung in der Geogr. Zeitschr. 1910 S. 645.

äolische Bodengestaltung fallen daher keineswegs mit Firnklima, feuchtem Klima und trockenem Klima zusammen. Ein Gletscher umfaßt Firnklima als Nähr- und feuchtes oder trockenes Klima als Zehrgebiet. Ein Flußgebiet braucht nicht im ganzen dem feuchten Klima anzugehören, sondern kann ein feuchtes Nähr- und ein trockenes Zehrgebiet umfassen. Der Windtransport umfaßt Wüste als Nähr- und periodisch oder immer feuchtes Land als Aufnahmegebiet.

Bei jeder der drei Typen der Umlagerung vollziehen sich die Vorgänge der Abtragung, des Transportes und der Ablagerung verschieden; darauf beruht die große morphologische Bedeutung ihrer Unterscheidung. Für alle drei gilt aber, daß zwar Abtragung und Ablagerung überall zusammen vorkommen, daß aber Gebieten überwiegender Abtragung Gebiete überwiegender Ablagerung gegenüberstehen, während Strecken des Gleichgewichtes zwischen beiden eher Ausnahmen sind.

Firn und Gletscher treten in drei landschaftlich sehr verschiedenen Grundformen auf. Die kleinen Firnflecken, die sich ungefähr in der Höhe der Schneegrenze in den oberen Talenden ausbilden und nur mit kleinen Gletschern verbunden sind, sind auf die Kämme und Gipfel beschränkt und bewirken nur eine Abänderung der fluviatilen Landschaft. Die größeren Firnfelder, die auf Plateauflächen oder in den Trichtern und Mulden der Quellgebiete liegen, und an die sich, je nach dem Gebirgsbau, herabhängende Plateaugletscher oder Talgletscher anschließen, können im Gebirge bleiben oder sich in das Vorland erstrecken. Inlandeismassen, die sich von jenen nicht nur durch ihre Größe, sondern auch durch das Zurücktreten der senkrechten Komponente der Bewegung gegenüber der wagrechten unterscheiden, überdecken ganze Länder. Im Vergleich mit den Flüssen ist allen Gletschern Langsamkeit der Bewegung und große Mächtigkeit gemeinsam.

Die Vorgänge der glazialen Abtragung und Ablagerung sind noch keineswegs geklärt; sind sie ja doch größtenteils unter den Gletschern verborgen und bieten sich der unmittelbaren Beobachtung nur auf den verlassenen Böden der früheren Vergletscherung dar! Ähnlich wie bei den Flüssen — aber wir wissen noch nicht, unter welchen Bedingungen — scheinen Abtragung und Ablagerung weder zeitlich noch räumlich scharf getrennt zu sein, im ganzen aber jene im oberen und inneren, diese im unteren und äußeren Teile zu überwiegen. Vielleicht wird es einmal möglich sein, entsprechend dem Gleichgewichtsprofile der Flußarbeit auch ein solches der Gletscher-

arbeit zu entwickeln und daraus die Vorgänge der Abtragung und Ablagerung abzuleiten; bisher haben wir kaum Ansätze zu einer solchen Konstruktion, ja von vielen Forschern wird heute die Glazialerosion überhaupt wieder bestritten und den Gletschern nur die Fähigkeit der Abhobelung und Glättung des Talbodens und der Talwände zugestanden. Der größeren Mächtigkeit der Gletscher entsprechend haben ihre Betten viel größere Ausmaße als die Flußbetten — denn nur mit diesen, nicht mit den Tälern kann man sie, wie *Penck* stark betont, genetisch vergleichen —. Der Verwitterung und Denudation, den Bildnern der Hänge in den Flußtälern, bleibt daher in den Gletschertälern geringerer Spielraum als in jenen; ihre Wirkung ist auf die Kämme beschränkt. Die Formen der glazialen Abtragung wechseln mit der Form der Gletscher: im Bereiche der Firnflecken und der kleinen Gletscher bilden sich die Kare aus, den Talgletschern entspricht die glaziale Umbildung der Täler, den Plateaugletschern und dem Inlandeise die glaziale Umbildung von Hochflächen und Tiefländern.

Die Gebilde der glazialen Ablagerung sind die Moränen: Oberflächen-, Grund- und Endmoränen; an sie schließen sich aber die unter dem Gletscher oder an seinem Rande gebildeten Ablagerungen der Schmelzwässer: die Äsar, Drumlins, fluvioglazialen Schotter u. a. an. Die Ablagerungen der kleinen Kargletscher erstrecken sich nur wenig an den Berghängen hinab; die der Talgletscher liegen im Tal oder vor dem Gebirgsrande; die der großen Inlandeismassen überdecken ganze Flachländer, die nicht tiefer als die Gebiete der Abtragung zu liegen brauchen, sondern äußere, oft in gleicher Meereshöhe gelegene Gürtel bilden. Wenn der Gletscher in das Meer mündet, wird der glaziale Schutt von den Wellen ergriffen und umgelagert. Auf dem Festlande liegen vor den Moränen weite Schotterflächen, die aus den Ablagerungen der Schmelzwässer bestehen. Aber man muß sich hüten, nun allen Schotterflächen unbesehen fluvio-glazialen Ursprung zuzuschreiben; ob z. B. die Schotterterrassen der oberrheinischen Tiefebene wirklich den verschiedenen Eiszeiten entsprechen, bedarf wohl noch der näheren Prüfung.

Für die Gestaltung und Beschaffenheit der Erdoberfläche kommt es nicht nur auf die Schneegrenze und die Gletscher der Gegenwart, sondern auch, ja weit mehr, auf die Schneegrenze und die Ausdehnung der Gletscher in der Eiszeit an; denn die in den Eiszeiten oder wenigstens in der letzten Eiszeit geschaffenen Formen und Ablagerungen sind seitdem erst wenig zerstört worden, vielmehr größtenteils noch vorhanden und geben der Landschaft ihr eigentümliches Gepräge. Die

Oberflächenformen und die Bodenbeschaffenheit ganz Nord-Europas wie des nördlichen Teiles von Nord-Amerika werden durch die Abtragung und Ablagerung des eiszeitlichen Inlandeises bestimmt, und auch in den Gebirgsländern mittlerer und niederer Breiten reicht der glaziale Formenschatz viel tiefer als die heutigen Gletscher. Die in der Eiszeit geschaffenen glazialen Formen und Bodenarten treffen mit fluviatilen Formen und Bodenarten der Gegenwart zusammen. Die Fels- und Moränenlandschaften der letzten Eiszeit pflegen noch ziemlich unversehrt, die der früheren Eiszeiten dagegen stark verwaschen zu sein und verraten nur noch im Material, nicht mehr in den Formen den glazialen Ursprung.

Am unteren oder äußeren Rande der Gletscher der Eiszeit treten wir aus der Glaziallandschaft in die fluviatile Landschaft ein. In niederen Breiten und in trockenen Klimaten erfolgt dieser Übergang schon in großer, in höheren Breiten erst in geringerer Meereshöhe. Wenn das Land nicht bis zur Grenze des ewigen Schnees aufragt, ist es ganz fluviatil ausgebildet. Erst in Trockengebieten, in denen die Verdunstung zu allen Jahreszeiten die Regenmenge übertrifft, verlassen wir die Flußlandschaften wieder.

Die verschiedene Wasserführung der Flüsse in verschiedenen Klimaten ist selbstverständlich von Einfluß auf die Arbeitsleistung der Flüsse und die Vorgänge der Abtragung und Ablagerung. Aber wahrscheinlich ist dieser Einfluß geringer, als man zunächst denken möchte; jene scheinen weniger vom Jahresbetrage der Wasserführung als von der Wassermenge zur Zeit der Hochwasser abzuhängen. Nur wenn die Flüsse zu kurze Zeit fließen, reicht ihre Arbeitskraft nicht aus, um ihren Lauf offen zu halten, vollzieht sich also ein Übergang zu den flußlosen Trockenlandschaften.

Wie die Gebiete mit so reichlichem Schneefall, daß er während des Sommers nicht wegschmilzt, sondern liegen bleibt, Nährgebiete der Gletscher darstellen, sind die Gebiete, in denen der Regenfall den Betrag der Verdunstung wenigstens in einer Jahreszeit übertrifft, Nährgebiete der Flüsse. Solange der Fluß in einem feuchten Lande bleibt, nimmt seine Wassermenge durch den Regenfall und durch die Aufnahme von Bächen und Nebenflüssen zu. Wenn sich das feuchte Klima bis an das Meer erstreckt, münden die Flüsse in dieses, sind auch dem Ausdrucke *Richthofens* peripherisch; denn auch wenn sich Hohlbecken in ihren Lauf einschalten, gewinnen sie bald wieder Abfluß. Nur in Karstgebirgen versinken sie im Gestein, und obgleich sie an einer anderen Stelle wieder hervortreten, ist hier der Abfluß nicht

unmittelbar; die Karstgebirge nehmen eine Zwischenstellung zwischen den Gebieten mit und denen ohne Abfluß zum Meere ein.

Tritt der Fluß dagegen in ein Trockengebiet, in dem die Verdunstung zu allen Jahreszeiten die Regenmenge übertrifft, so nimmt die Wassermenge der Flüsse abwärts nicht zu, sondern ab; die Trockengebiete sind Zehrgebiete der Flüsse. Kleine Flüsse werden bald ganz aufgezehrt, größere geschwächt; es hängt von ihrer Wassermenge und von der Breite des zu durchquerenden Trockengebietes ab, wie lange sie sich im Kampfe gegen die Trockenheit halten können, und ob sie das Meer noch erreichen, wie die Flüsse der peruanischen Westküste, der Colorado, der Nil, oder ob sie schon vorher aufhören, wie Amu und Syr und viele andere. Flüsse, die das Meer nicht erreichen, sondern im Lande versiegen, nennen wir mit *Richtshofen* zentral. Wenn alle Flüsse versiegen, können wir das ganze Gebiet im Gegensatz zu den peripherischen Gebieten als ein Zentralgebiet bezeichnen; wenn dagegen nur die kleineren Flüsse versiegen, die größeren es durchfließen, so sprechen wir besser von halbzentralen Gebieten. Zentrale Gebiete sind also keineswegs immer in ihrer ganzen Ausdehnung Trockengebiete, sondern setzen sich oft aus einem feuchten Nähr- und einem trockenen Zehrgebiet zusammen. Das von der Wolga und ihren Nebenflüssen entwässerte Mittel-Rußland gehört zu einem hydrographischen Zentralgebiete, ist aber durchaus kein Trockengebiet. Es ist auch kein abflußloses Gebiet, wie man oft nachlässig sagt, sondern nur ein Gebiet ohne Abfluß zum Meere; es wird ja entwässert und wird verhältnismäßig wenig dadurch betroffen, was aus dem Abflusse wird.

Bei peripherischen Flüssen in feuchten Gebieten ist das Gleichgewichtsprofil konkav und setzt an der Küste an. Wenn das Land bis an diese hoch ist, können auch die kleinsten Flüsse überall einschneiden und Tallandschaften erzeugen. Wenn dagegen an die Küste Tiefland stößt, das unter dem Gleichgewichtsprofile liegt, weiter hinten aber Hochland aufragt, aus dem die Flüsse Schutt herabführen, lagern sie diesen im Tieflande und im Meere ab. Auch in Einsenkungen des Binnenlandes schütten die Flüsse auf, und zwar kann hier die Ablagerung schon in größerer Meereshöhe vor sich gehen, weil das Gleichgewichtsprofil dem größeren Abstände vom Meere entsprechend höher liegt; zwischen die Strecken der Talbildung sind solche der Aufschüttung eingeschaltet. Falls jedoch das ganze Flußgebiet Tiefland ist und überall unter dem Gleichgewichtsprofile liegt, erfolgt weder Talbildung noch Aufschüttung; denn diese ist nur möglich, wenn der Fluß weiter aufwärts erodiert und Schutt mitführt.

Auch die Flüsse der Tafelländer müssen in einem Zustande der Arbeitslosigkeit und des Stillstandes der Erosion verharren, bis die rückläufige Erosion eindringt.

Bei peripherischen Flüssen, deren Unterlauf in Trockengebieten liegt, kommt, dank dem steileren Ansteigen des Gleichgewichtsprofils, die Tiefenerosion schon in größerer Höhe zum Stillstande und hört in Höhenlagen auf, in denen in feuchten Ländern noch Täler gebildet werden würden; aber wo das Land einigermaßen hoch aufragt, graben die aus feuchten Gebieten hereinkommenden Flüsse auch in der trockensten Wüste Täler ein, die natürlich ausgesprochenen Cañoncharakter haben, wie die nordamerikanischen und südamerikanischen Kordilleren.

Auch zentrale Flüsse können im Oberlaufe erodieren; aber nahe ihrem Ende erlahmt ihre Transportkraft immer mehr, um schließlich ganz zu ersterben. Sie müssen allen ihren Schutt ablagern. Am größten ist die Aufschüttung beim Austritt aus dem Gebirge in eine Ebene, wenn sich plötzliche Verminderung des Gefälles mit der Verminderung der Wasserführung verbindet. Hier entstehen große Schuttkegel, die sich in die Ebene hinaus allmählich verflachen und aus feinerem Material, Lehm und Ton, bestehen. Man hat sie mit den Deltas der in das Meer mündenden Flüsse verglichen und als Trockendeltas bezeichnet. Die Flüsse sind hier meist in viele Arme verteilt, wodurch die Verdunstung noch vermehrt wird, und verlegen oft ihren Lauf. Wo sie in geschlossene Einsenkungen münden, die tektonisch entstanden oder durch den Wind ausgeblasen sind, bilden sie Seen, deren Lage oft wechselt; sie werden rasch ausgefüllt, während in geringer Entfernung neue Becken entstehen. Im Gegensatze zu allen Ablagerungen in feuchten Gebieten, die nur auf Verminderung des Gefälles beruhen, werden bei Aufschüttungen in zentralen Trockengebieten, die ihre Ursache in der Verdunstung haben, auch die mitgeführten Salze abgesetzt. Und da der Boden bei der Trockenheit des Klimas kahl ist, weht der Wind die feineren Bestandteile aus, um weiterhin Dünen zu bilden. Die Meereshöhe dieser zentralen Ablagerungsgebiete ist sehr verschieden; sie finden sich sowohl in Depressionen unter dem Meeresspiegel wie in sehr großen Meereshöhen. Wohl auch ohne Änderung des Klimas können sie von außen angezapft und in die peripherische Entwässerung einbezogen werden (vgl. S. 66).

Wie sich bei höherer Wärme und vermindertem Schneefall an die Gletscher und Gletscherlandschaften die Flüsse und Flußlandschaften anschließen, so schließen sich bei größerer Trockenheit an diese die

flußlosen Landschaften an, in denen Abtragung und Ablagerung den gelegentlichen Regenfluten und dem Winde zufallen. Es sind Wüsten und Halbwüsten, denn nur in ihnen spielen Regengüsse und Winde diese Rolle. Aber in vollem Sinne gehören nicht alle Wüsten und Halbwüsten, sondern nur diejenigen hierher, die flußlos sind oder in denen nur in großen Abständen Flüsse auftreten; wir können sie als selbständige Wüsten bezeichnen im Gegensatze zu den unselbständigen, die durch ihre Flüsse von feuchten Landschaften abhängen. Selbständig sind im allgemeinen die niedrigen Tafel- und Rumpflandschaften, die weite Flächen einnehmen, während die Wüsten der Kettengebirgs- und der stark gestörten Schollenlandschaften, deren höher aufragende Teile reichliche Niederschläge empfangen und Flüsse ausbilden, unselbständig und je nachdem zertalt oder Aufschüttungsgebiete sind. Die der Wüste selbst eigentümlichen umlagernden Kräfte kommen aber in jeder Wüste zur Geltung und setzen ein, wo immer das fließende Wasser den Griffel, mit dem es die Landschaft zeichnet, aus der Hand legt.

Zwei Kräfte der Umlagerung kommen für die Gestaltung der Wüste in Betracht: Regenfluten und Wind. Namentlich *Joh. Walther* hat die große Bedeutung des Windes für die Bodengestaltung der Wüste betont (vgl. S. 20 ff.). Aber wenn er mit Trompetenschall verkündete, klang es oft so, als ob er dem fließenden Wasser einen großen Teil seiner Leistungen, namentlich die Bildung der Wadis, absprechen wollte. Er hat jetzt erklärt, daß man ihn darin mißverstanden habe. Die Arbeit des fließenden Wassers offenbart sich in den in vielen Teilen der Wüste vorhandenen Wadis, namentlich in dem überall wiederkehrenden Gegensatze von Prallhängen und Gleithängen, so deutlich, daß ein morphologisch geschulter Beobachter gar nicht daran zweifeln kann. Diese Wadis können, wie wir gesehen haben (S. 60), auch kaum den gelegentlichen Regengüssen der Gegenwart zugeschrieben werden, sondern weisen wahrscheinlich auf ein feuchteres Klima der Vergangenheit hin; denn die episodischen oder Eintagsflüsse versiegen oder versickern nach kurzem Laufe, und ihre Lage ist beständigem Wechsel unterworfen.

Die Abtragung durch den Wind erzeugt zusammen mit den Regenfluten im anstehenden Gestein die Felswüste, je nach dem inneren Bau Gebirgswüste oder tafelförmige Hammada. Die Ablagerung durch die Regenfluten erzeugt die Schotter- und Lehmwüste, die Ablagerung durch den Wind die Sandwüste; dagegen wird der Staub aus der Wüste herausgeweht und kommt erst in den benachbarten Grassteppen, also in Flußlandschaften, zur Ablagerung. Die Lößland-

schaften sind keine nachträglich in den Abfluß einbezogenen ursprünglichen Trockengebiete, wie *Richthofen* zuerst gemeint hatte, sondern gehen aus der örtlich und zeitlich wechselnden Verbindung von Staubablagerung und Flußerosion hervor.

XI. Die Küsten.

Die Küsten berühren sich so sehr mit der Landoberfläche, daß wir sie nicht bei Seite lassen dürfen. Und das um so weniger, als man gerade bei ihnen die Entwicklung der morphologischen Betrachtung gut verfolgen kann.

Auch ihre Auffassung ist in der Geographie lange Zeit rein beschreibend gewesen, und zwar zerlegte sie sich, weil die Berührung mit dem Meere der wagrechten Gestaltung besondere Bedeutung verleiht, meist in drei Betrachtungen: die des Grundrisses oder der wagrechten Gliederung, die des Aufrisses oder der senkrechten Gliederung und die der Beschaffenheit.

Diese isolierende Betrachtung vermittelt zwar manche wertvolle Erkenntnis, bleibt aber im Grund unbefriedigend. Die Küsten, wie die Oberflächenformen überhaupt, sind einheitliche Gebilde. Jedes Küstenstück kann und muß in der Gesamtheit seiner Eigenschaften als Individuum betrachtet, Küstenstücke mit ähnlicher Gesamtheit der Eigenschaften müssen unter einem Gattungsbegriffe zusammengefaßt werden. Solche einheitliche Auffassungen haben sich bei den Seefahrern und Küstenbewohnern früh ausgebildet und sprachlichen Ausdruck gewonnen und haben sich dann in der Wissenschaft eingebürgert. Das bekannteste Beispiel dafür ist der Fjordbegriff, der aus Norwegen stammt und auf ähnliche Küsten anderer Länder übertragen und dadurch zu einem allgemeinen Gattungsbegriffe geworden ist. Es war ungeschickt, daß manche Gelehrte ihn dann auf alle Felsbuchten erweiterten, weil er dadurch seine charakteristische Bedeutung verlor, und weil nun ein geeigneter Ausdruck für die glazial umgestalteten Felsbuchten fehlte; es ist zweckmäßiger, ihm seine bestimmte Bedeutung zu lassen. Die Buchten der spanischen Nordküste heißen Rias; als *Richthofen* ähnliche Buchten an der südchinesischen Küste kennen lernte, wandte er auch auf sie und überhaupt auf ähnlich gestaltete Buchten den Namen Ria an. In den verschiedenen Teilen der deutschen Ostseeküsten bezeichnet man die Buchten als Förden, Bodden, Haffe, und auch diese Namen hat man zum Teil allgemein angewandt. So hat allmählich eine große Reihe von Buchttypen Eingang in den volkstümlichen und wissenschaftlichen Sprachgebrauch gefunden.

Da bestimmte Formen meist gesellig auftreten, alle Buchten an einer Küste ähnlichen Typus zeigen, konnte man die typische Auffassung von den einzelnen Buchten auf den Gesamtcharakter der Küsten übertragen, also von Fjordküsten, Boddenküsten, Riasküsten usw. sprechen. *Richthofen* konnte eine Tafel der Küstentypen aufstellen¹⁾, und fast um dieselbe Zeit konnte auch *F. G. Hahn* seinen verkehrsgeographischen Betrachtungen²⁾ eine Reihe von Küstenformen zu Grunde legen, die von ihm zwar nach dem Lande ihres besonders charakteristischen Vorkommens benannt wurden, aber ungefähr auf dasselbe hinauslaufen. Diese Küstentypen sind zunächst beschreibend; aber auf die Gesamtheit der Eigenschaften begründet, stellen sie nicht mehr eine künstliche, sondern eine natürliche Einteilung dar.

Das Studium der Vorgänge an Küsten ging lange selbständig neben dem Studium der Küstenformen einher; während dieses Sache der Geographie war, lag jenes in den Händen der Geologie, die sich, besonders in dem meerumflossenen England, mit Eifer der Untersuchung der Küstenzerstörung zuwandte; auch die Wasserbaukunst mußte sich aus praktischen Gründen damit beschäftigen und förderte das Verständnis mancher Erscheinungen. Diese Erkenntnis der Kräfte und Vorgänge war die unumgängliche Voraussetzung für die genetische Auffassung.

Von großer Bedeutung waren auch die Beobachtungen und Untersuchungen über die säkularen Hebungen und Senkungen oder Strandverschiebungen. Nachdem man solche schon im 18. Jahrhundert an den skandinavischen Küsten beobachtet hatte, hatte man sie auch an anderen Küsten erkannt; aber ihre Untersuchung ließ oft die nötige Kritik vermissen, und die Karten ihrer Verbreitung haben mehr Verwirrung angerichtet als Nutzen gestiftet. Erst nachdem *Eduard Sueß* durch seine umfassende Kritik reinen Tisch gemacht hatte und die Angaben über Hebungen und Senkungen kritischer geworden waren, konnten sie bei der Betrachtung der Küstenformen ohne Bedenken eingeführt werden.

Die Erklärung der Küstenformen hat, wie die der Landformen, mit vagen Spekulationen begonnen. Eine der ältesten wissenschaftlichen Untersuchungen über Küstenformen ist die des amerikanischen Naturforschers *Dana über die Fjorde*³⁾, die im wesentlichen schon das Richtige trifft. In die deutsche Literatur hat *Peschel* die genetische

1) Führer für Forschungsreisende, Berlin 1886, S. 304ff.

2) Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie Bd. V, 1885, S. 245ff.

3) *Wilkes Exploring Expedition, Geology*, 1849.

Betrachtung der Küsten mit seinem Aufsätze über die Fjorde eingeführt, der allerdings sachlich gegenüber dem ihm unbekanntem Aufsätze von *Dana* einen Rückschritt bedeutete, da er viel mehr mit Spalten arbeitete und zwar die klimatische Begrenzung der Fjorde, nicht aber deren Begründung in der Verbreitung der alten Vergletscherung erkannte. Einen ähnlichen Weg schlug seine Studie über die Deltas ein (ungefähr gleichzeitig waren auch die Betrachtungen von *Elisée Reclus* in seinem Werke *La terre*), die den Anstoß zu einer sehr viel gründlicheren, jedoch gleichfalls ganz auf vergleichendem Karten- und Literaturstudium beruhenden Untersuchung *R. Credners* gab. Die schöne Studie des Baseler Anatomen *Rütimeyer* über die Küsten der Bretagne hat zwar ein falsches sachliches Ergebnis gehabt, hat aber, ebenso wie früher seine Untersuchungen über Tal- und Seebildung, das Verdienst, die unmittelbare Beobachtung zur Geltung gebracht zu haben, die nun bald in breitem Strome einsetzte. *Richtshofen* konnte seinen Küstentypen meist schon genetische Bedeutung beilegen und auch schon den Anfang mit einer eigentlich genetischen, d. h. von der Entstehung ausgehenden Klassifikation machen, indem er zwei Hauptklassen von Küsten unterschied, nämlich solche, die auf dem Eingriffe des Meeres in das Land, und solche, die auf dem Ansätze von Schwemmland an der Küste beruhen. Auf diesem Wege ist man weiter gegangen. Ich hebe *Philippsons* Studien über die Typen der Küstenformen, insbesondere der Schwemmlandküsten¹⁾, hervor, an deren Schlusse er eine genetische Tafel aufstellt und namentlich die potamogenen und die thalassogenen Schwemmlandküsten unterscheidet. Bei einer Reise im Herbst 1898 wurde mir das genetische Verhältnis der normannischen und bretonischen Küsten klar, die in ihrer wagrechten Gliederung so ganz verschieden, in ihrem Aufrisse aber ähnlich und auch genetisch verwandt sind. Beide verdanken ihre Bildung dem Angriffe des Meeres bei Senkung des Landes; aber während er in der weichen Kreide der Normandie rasch und ziemlich gleichmäßig fortschreitet und es kaum zur Bildung von Buchten kommen läßt, bleibt er in dem harten Material der Bretagne hinter dem Untertauchen des Landes zurück; vorn nagt die Brandung wütend an den Klippen, daneben aber sind die Flußtäler in tief eingreifende Meeresbuchten verwandelt worden. Dem entsprechend kann man allgemein, wenn auch nicht scharf, glatte Felsküsten, an denen der Angriff über den Eingriff überwiegt, und Buchtenküsten unterscheiden, in denen der Angriff zwar gleichfalls stark ist, aber vom Eingriffe des

1) Richtshofen-Festschrift 1893 S. 1 ff.

Meeres in das Land überflügelt wird. Je nach der vorangegangenen Gestaltung fällt die Küstenform verschieden aus. Beispielsweise sind die Fjordküsten der Typus einer glazial umgestalteten Gebirgs- oder Tafellandsküste, die Riasküsten der Typus einer nicht glazial umgestalteten, sondern rein fluviatilen Küste, an der die Quertäler überwiegen. So wird man allmählich alle Küstenformen aus ihren Bedingungen, aus dem Bau und der Gestalt des Landes, dem Vorhandensein von Hebung oder Senkung, der Höhe der Gezeiten, Brandung, Küstenströmungen usw. ableiten können; aber die deduktive Ableitung wird nur dann in ihrer Richtigkeit verbürgt sein und wissenschaftlichen Wert haben, wenn sie Schritt vor Schritt an den Tatsachen geprüft wird.

Unter den Bedingungen der Küstenform spielt natürlich auch ihr Alter oder, genauer gesagt, ihre Entwicklungsstufe eine gewisse Rolle; so nimmt *Philippson* darauf Rücksicht, wenn er zwischen unvollendeten und vollendeten potamogenen Schwemmlandküsten unterscheidet. Die *Davissche* Schule hat es auch hier in den Vordergrund gerückt. Den ersten Versuch dazu hat *Gulliver* 1899 gemacht; aber er scheint auch in der eigenen Schule keinen Anklang gefunden zu haben und kommt mir unerträglich vor. Später haben *Davis* selbst, *Braun* u. a. ein deduktiv abgeleitetes Schema der Küsten auf Grund des Alters entworfen, und neuerdings hat auch *D. W. Johnson*¹⁾ das Alter in den Mittelpunkt seiner übrigens sehr gründlichen Betrachtung gestellt. Ich führe nur ein Beispiel an: während uns die verschiedene Ausbildung der normannischen und der bretonischen Küste, wie gesagt, als die Folge der verschiedenen Widerständigkeit des Gesteins erscheint, fassen jene die glatten Klippenküsten als ein vorgerücktes Entwicklungsstadium der Felsbuchtküsten auf. Das hätte doch nur dann einen Sinn, wenn es sich nachweisen ließe oder wenigstens wahrscheinlich wäre, daß auch die normannische Küste einmal eine Felsbuchtküste gewesen ist und diese Form erst im Fortgange der Zerstörung verloren hat. Eine aus weichem Gestein wie die Kreide zusammengesetzte und dabei wenig zertalte Tafellandsküste ist aber nie eine Buchtküste gewesen. Die beiden Küstentypen folgen einander nicht zeitlich, sondern entstehen gleichzeitig neben einander, weil das Gestein oder andere Bedingungen der Bildung verschieden sind. So versagt die *Davissche* Auffassung von Entwicklungsstufen auch bei ihrer Anwendung auf die Küsten.

Die Betrachtung der Küsten stand früher in den länderkundlichen Darstellungen isoliert und wurde, wohl aus dem äußeren

1) *D. W. Johnson*, *Shore processes and shoreline development*. Newyork 1919.

Grunde, daß der Reisende vom Meere aus zuerst an die Küste des fremden Landes kommt, ohne Rücksicht auf ihre Abhängigkeit von der ganzen Natur des Landes an die Spitze gestellt. Durch die genetische Auffassung wird sie in enge Verbindung mit den Formen des Binnenlandes gebracht. Die Gesamtform der Küste muß, wie *Richt-hofen* es ausdrückt, an die Plastik der Kontinente, d. h. an die großen Züge des inneren Baus, angeknüpft werden; ihre Einzelgliederung, wenigstens die der Angriffs- und Eingriffsküsten, die auf dem Untertauchen des Landes beruhen, läßt sich nur aus der Einzelgliederung des Festlandes verstehen. Wie der Bau des Landes spiegelt sich auch die Art der oberflächlichen Umbildung, die fluviatile, glaziale oder pluvial-äolische Bodengestaltung, in der Form der Küsten wieder.¹⁾

XII. Die Theorien über die Entstehung der Landoberfläche.

In allen Wissenschaften, die sich nicht mit bloßer Beschreibung oder gelegentlicher Erklärung begnügen, sondern auf umfassende Erklärung und ursächliche Verknüpfung des ganzen Tatsachenbestandes ausgehen, spielen Hypothesen und in deren wissenschaftlicher Fortbildung Theorien eine große Rolle. Gelegentlich kann man den ursächlichen Zusammenhang der Erscheinungen in einem Vorgange unmittelbar verfolgen, meist aber muß man ihn durch Gedankenarbeit herstellen. Man geht dabei von einer hypothetisch gesetzten allgemeinen Vorstellung über den Zusammenhang der Dinge aus, die man dann an den Tatsachen erprobt; wenn sich die Vermutung bewährt, wächst sie sich zu einer Theorie aus. Als Beispiele brauche ich nur die physikalischen und chemischen Theorien oder die Deszendenztheorie oder die Theorie des Egoismus oder die neuere Grenzwerttheorie in der Nationalökonomie oder die materialistische Geschichtstheorie zu nennen, die jede ein ganzes Gebiet von Erscheinungen mit größerem oder geringerem Erfolg zu erklären versuchen. Auch die Geomorphologie muß sich, sobald sie über die Morphographie hinausgeht, sich nicht mit der Beschreibung begnügt, sondern die Formen der Erdoberfläche erklären und in ihrer Verteilung und ihrem Zusammenhang verstehen will, von allgemeinen theoretischen Vorstellungen über deren Entstehung leiten lassen und kann ohne Theorie nicht auskommen.

¹⁾ Einen umfassenden Versuch einer Klassifikation der Küsten hat neuerdings *Schlüter* (2. A. f. E. 1924 S. 288 ff.) vorgelegt. Aber er erscheint mir zu kompliziert, um allgemeine Anwendung zu finden.

Soweit der naive Mensch überhaupt über die Formen der Erdoberfläche nachdenkt, was er ja nur ausnahmsweise, besonders auffallenden Formen gegenüber tut, denkt er an gewaltsame Ereignisse, große Fluten oder vulkanische Ausbrüche und Erdbeben. Die aufkeimende Wissenschaft spannt den Rahmen der Betrachtung weiter, sieht in der Gesamtheit der Erdoberfläche ein Problem und stellt umfassende Erklärungsversuche an; aber der Inhalt der Auffassung ist im wesentlichen noch der gleiche. Die neptunistische Theorie arbeitete mit großen Wasserfluten, die plutonistische mit Reaktionen des Erdinneren, die sich nicht nur in Vulkanen, Erdbeben und Hebung der Gebirge, sondern auch in der Bildung klaffender Spalten, der Täler, äußern sollten; aber beide stimmten darin überein, daß sie sich die Ereignisse gewaltsam, als Katastrophen oder Revolutionen dachten, die ganze Schöpfungen vernichten und den Raum für neue Schöpfungen frei machen. Diese Entwicklungsstufe der Wissenschaft, die mit außerhalb der Erfahrung liegenden und auch unwirklichen Kräften und Vorgängen arbeitet, ist eigentlich erst eine Vorstufe der Wissenschaft.

Die eigentliche Wissenschaft der Morphologie begann erst, als man an die Stelle der Revolutionen die allmähliche Entwicklung oder Evolution setzte, die nicht in unbekanntem gewaltigen Naturereignissen, sondern in der Summierung der Wirkungen der vor unseren Augen erfolgenden alltäglichen Vorgänge besteht. Vorläufer dieser aktualistischen Auffassung sind die beiden Franzosen *Guettard* und *Desmarest*, die beiden Schotten *Hutton* und *Playfair* und die beiden Thüringer *Heim* und *v. Hoff*; zu allgemeiner Geltung ist sie erst durch *Charles Lyell* gekommen, der darum auch für die Morphologie große Bedeutung hat, wemgleich er im einzelnen durch übertriebene Betonung der Meereswirkungen und Unterschätzung der Talbildung hemmend gewirkt hat. Nur auf dem Boden des Aktualismus und der Entwicklungstheorie sind wirklich wissenschaftliche Auffassungen und Theorien möglich.

In dem wissenschaftlichen Werdegange der Morphologie kann man drei Abschnitte unterscheiden.

Im ersten schließt sich die Auffassung der festen Erdoberfläche an den Plutonismus an: die Erdoberfläche wird in der Hauptsache durch Kräfte des Erdinneren geschaffen, die Umbildung durch das Wasser und überhaupt die Kräfte der Erdoberfläche tritt dahinter zurück. Die Wirksamkeit des Erdinneren denkt man sich lange Zeit noch fast ausschließlich als ein Aufdringen glutflüssigen Magmas, das teils in vulkanischen Ausbrüchen an die Oberfläche tritt, teils gegen

die feste Erdrinde stößt, sie hebt und bei Seite schiebt. Bis in die 60er Jahre werden die Theorien der Gebirgsbildung von dieser Vorstellung beherrscht. An den Küsten arbeitet das Meer, und auch im Binnenlande sucht man Meereswirkungen; nur hier und da einmal wagt sich ein Versuch hervor, die Tätigkeit des fließenden Wassers zu würdigen und die Entstehung der Täler daraus zu erklären, während die meisten Forscher in ihnen Hebungsspalten sehen. Als Kräfte des Binnenlandes kennt man nur die Verwitterung und die Abtragung im kleinen; sie erzeugen die Kleinformen und den Erdboden.

In den 60er und 70er Jahren, in der englischen Geologie schon etwas früher, vollzog sich ungefähr gleichzeitig ein Wechsel der tektonischen Auffassung und ein Wechsel in der Würdigung der oberflächlichen Kräfte; als gemeinsame Ursache dieses Wandels wird man die eindringendere Naturbeobachtung und die allmähliche Ansammlung von Beobachtungsmaterial ansehen dürfen. Die aktive Rolle des glutflüssigen Magmas wurde nun im allgemeinen auf die vulkanischen Ausbrüche beschränkt, die Gebirgsbildung vielmehr auf allgemeinere Vorgänge der Erdkruste zurückgeführt, von denen auch die kristallinen Gesteine betroffen werden; man unterschied zwischen Faltings- und Schollengebirgen und öffnete damit die Bahn für die wissenschaftliche Analyse des inneren Baus der festen Erdrinde. Mit Spalten rechnete man nur noch, wenn man sie beobachtete; als bloße Hilfskonstruktion für die Entstehung der Täler hatten sie ihre Rolle ausgespielt. Von der anderen Seite führte die Beobachtung der Flüsse sowie der starken Wirkungen des fließenden Wassers in lockerem Material darauf, den Flüssen selbst größere Wirksamkeit zuzuschreiben, und die Beobachtung hoch liegender Talterrassen, die man als alte Talböden deutete, lieferte den Nachweis für die Erosionsnatur der Täler. Auf sie blieb jedoch, neben den Kleinformen, die oberflächliche Umbildung beschränkt; die Oberfläche der Tafel- und Plateauländer galt als ursprüngliche Oberfläche, und auch bei Gebirgskämmen nahm man nur Gliederung im einzelnen, keine allgemeine Abtragung und Erniedrigung an.

Nachdem die Bahn für die Würdigung der Vorgänge der oberflächlichen Umbildung gebrochen worden war, konnte es nicht ausbleiben, daß man in deren Erkenntnis immer weiter vordrang und auch die über die Fläche wirkenden Vorgänge und die weitgehende Abtragung und Umbildung der ganzen Gebirgskörper erkannte. Die Aufnahme geologischer Profile zeigte Kämme, wo der synklinale Bau eher ein Tal, und Täler, wo der antiklinale Bau einen Kamm erwarten ließe. Wohl scheute man vielfach noch vor der Annahme weitgehender Ab-

tragung, namentlich durch die Kräfte des Festlandes, zurück; aber die wachsende Erfahrung bestätigte diese immer mehr und machte sie zu einem sicheren Besitze der Wissenschaft.

Damit parallel ging eine andere wissenschaftliche Erkenntnis. Man hatte seit langem die Auflagerung junger lockerer Gebilde über dem festen Gestein nicht nur in Tiefländern, sondern auch in Hochländern bemerkt, aber sie allgemein für Meeresablagerungen gehalten. Jetzt lernte man diese Gebilde als Ablagerungen der Flüsse oder des Windes oder von Gletschern und Inlandeis, also als festländische Gebilde, auffassen. Der gewaltigen Abtragung des Festlandes stellten sich damit gewaltige Ablagerungen auf dem Festlande gegenüber, und dessen Umbildung durch seine eigenen Kräfte nahm riesige Ausmaße an.

Auch aus den neuen Auffassungen der Tektonik — ich brauche nur an die Deckentheorie der Alpen oder die Erkenntnis allgemeiner Hebungen zu erinnern — erwachsen der Morphologie neue Auffassungen und Probleme, die man wohl noch nicht immer genügend scharf ins Auge gefaßt hat.

Auf diese Weise haben sich die Grundzüge der morphologischen Theorie ausgebildet, die etwa seit den 80er Jahren unserer Auffassung zu Grunde liegt. Weder der innere Bau noch die oberflächliche Umbildung sind allein oder auch nur überwiegend für die Form der Erdoberfläche maßgebend; vielmehr wirken an jeder Erdstelle beide zusammen. In Gebieten überwiegender Abtragung ist die wirkliche Erdoberfläche der Unterschied zwischen der tektonischen Oberfläche, wie sie sich aus dem inneren Bau allein ergeben würde, auf der einen und der Abtragung auf der anderen Seite, während in Gebieten überwiegender Ablagerung die oberflächlichen Vorgänge addierend wirken, indem sie eine Decke über den inneren Bau und die tektonische Oberfläche legen. Nur darf man bei dieser Betrachtungsweise den inneren Bau und die tektonische Oberfläche nicht ganz auf die Rechnung der inneren oder endogenen Kräfte setzen; denn zu ihm gehören auch die Gesteine, die vor den maßgebenden Faltungen oder Verwerfungen durch oberflächliche Vorgänge im Meere oder auf dem Festlande gebildet worden sind und den größten Teil des Materials liefern, mit dem die endogenen Kräfte arbeiten. Als oberflächliche Umbildung kann die Morphologie nur die Vorgänge während und nach der Gebirgsbildung auffassen. Allerdings ist diese, wie man immer mehr erkennt, meist kein einmaliger, einheitlicher Akt, sondern zerlegt sich oft in mehrere Akte, die sich nicht plötzlich, sondern allmählich vollziehen, obgleich sie kaum ununterbrochen und nur mit wechselnder Stärke andauern, wie eine neuere Hypothese will.

Solange sich die morphologische Untersuchung hauptsächlich in europäischen Ländern und in der gemäßigten Zone bewegte, Unterschiede des Klimas also weniger in Betracht kamen, konnte sie sich auf die Erkenntnis der Gestalt der Oberfläche in ihrer Abhängigkeit vom inneren Bau zuspitzen; das ergab sich ja auch schon daraus, daß sie sich nur allmählich von der rein tektonischen Auffassung freimachte und die oberflächliche Umbildung neben dem inneren Bau zur Geltung brachte. Anfangs faßte man die Abhängigkeit vom Gestein und den Lagerungsformen nur im einzelnen auf; erst allmählich lernte man die Abhängigkeit vom inneren Bau im ganzen würdigen. Für die geographische Auffassung erschienen die Oberflächenformen in ihrer Anordnung und Verteilung durch die Anordnung und Verteilung der endogenen Kräfte vollkommen bestimmt, deren Regeln zwar vorläufig noch wenig bekannt, aber jedenfalls in der Zusammensetzung des Erdinneren begründet und vom Klima unabhängig sind.

Beim Hinausschreiten der Forschung über die Grenzen Europas und auch schon innerhalb Europas zeigte die oberflächliche Umbildung jedoch auch andere Unterschiede, die nichts mit dem inneren Bau zu tun haben, sondern in Unterschieden des Klimas der Gegenwart oder Vergangenheit begründet sind. Die eigentümlichen Formen der Hoch-Alpen und die Ablagerungen am Alpenfuße ebenso wie die quartären Ablagerungen Nord-Europas bis weit nach Nord-Deutschland hinein erwiesen sich als Erzeugnisse einer Zeit kälteren Klimas und viel weiterer Ausdehnung des ewigen Schnees und Eises in der sogenannten Eiszeit. Auch in Nord-Amerika und in allen Hochgebirgen der Erde, auch der Tropen, fand man deren Gebilde. Die glaziale Bodengestaltung, wie man abgekürzt sagt, trat daher, im einzelnen sehr verschieden, der gewöhnlichen fluviatilen Bodengestaltung gegenüber und legte sich in bestimmter geographischer Verbreitung neben sie. Auch in Trockenklimaten stellte sich die Bodengestaltung anders dar, als man sie von Europa oder dem Osten der Vereinigten Staaten her gewöhnt war. Zuerst lernte man die Cañons des amerikanischen Westens als Gebilde des Trockenklimas auffassen; dann folgte *Richt Hofens* Lößtheorie und seine Theorie der Aufschüttung in zentralen Gebieten, dann *Walthers* Studien in der ägyptischen Wüste, die namentlich für die Auffassung der Kleinformen und die Würdigung der Abtragung durch den Wind bedeutungsvoll wurden. So erschien auch die Bodengestaltung der Wüste und der Steppe als etwas besonderes mit anderer geographischer Verbreitung. Wieder später lernte man die charakteristischen Unterschiede der Bodengestaltung der Tropen und zwar der verschiedenen Bodengestaltung in immerfeuchten Tropen-

ländern und in Ländern mit ausgesprochener Trockenzeit kennen; auch in Gebieten wie den Mittelmeerländern mit ihren trockenen Sommern erkannte *Philippson* manche Besonderheit. Neben die tektonische trat also eine klimatische Verteilung und Anordnung der Formen der festen Erdoberfläche. Und zwar zeigte sich, daß die Verschiedenheit des Klimas in verschiedener Weise wirkt; denn sowohl die großen Vorgänge der Umlagerung hängen vom Klima ab, wie auch die verschiedene Art der Verwitterung und Denudation verschiedene Einzelformen erzeugt und dadurch der Physiognomie der Landschaft einen anderen Stempel aufdrückt.

Vorgänge der Umbildung gehören, wie die tektonischen Vorgänge, allen Perioden der Erdgeschichte an. Die Geologie muß die Vorgänge der älteren Perioden mit dem gleichen Interesse wie die der Gegenwart oder jüngeren Vergangenheit betrachten und mit der gleichen Sorgfalt untersuchen; in die geographische Betrachtung dagegen treten die Vorgänge der Umbildung vor der entscheidenden Gebirgsbildung nicht als solche, sondern nur in ihren Gebilden ein. Alte Abtragungsformen, z. B. alte Rumpfflächen, wie alte Ablagerungen werden von ihr als Tatsachen hingenommen. Der Ausdruck: erloschene oder fossile Landschaften und Oberflächenformen drückt das Verhältnis gut aus. Aber auch in der jüngeren, in das Bereich der Geographie fallenden Vergangenheit, die nach der Entstehung des inneren Baues liegt, kann man noch von einer Entwicklung und zwar sowohl von einer tektonischen wie von einer klimatischen Entwicklung der Landschaften sprechen, und die Morphologie muß, in folgerichtiger Anwendung der aktualistischen Auffassung, nicht nur die Dauer der Vorgänge, sondern auch das Hereinreichen andersartiger Bedingungen der Vergangenheit beachten. So entsteht eine Mannigfaltigkeit der Formen, die sich nur zum Teil allgemein auffassen läßt, zum Teil nur individueller Behandlung zugänglich ist.

Das ungefähr war der Standpunkt der Wissenschaft, als *Davis* als Prophet einer neuen Theorie auftrat, durch die, wie *Rühl* sich ausdrückt¹⁾, die methodenlose, die schreckliche Zeit der bisherigen Morphologie beseitigt worden ist.

Davis bezeichnet seine „Methode“, womit seine Theorie gemeint ist, als die Methode von Struktur, Vorgang (*process*) und Alter (vgl. S. 46ff.). Da dabei die Begriffe Struktur und Vorgang den bis dahin üblichen Begriffen des inneren Baues und der oberflächlichen Umbildung ungefähr entsprechen, nur etwas enger gefaßt sind, liegt das

1) Eine neue Methode der Morphologie (Fortschritte d. naturwiss. Forschung Bd. VI S. 67ff. und S. 81).

unterscheidende Merkmal in der stärkeren Betonung des Alters. Nicht nur wird auf die Dauer der Vorgänge größerer Nachdruck als auf ihre verschiedene Art gelegt, so daß die Bezeichnung der Formen nach ihrem Lebensalter ganz in den Vordergrund tritt, sondern es wird auch die Auffassung durchgeführt, daß der Lebenslauf der Formen zu wiederholten Malen zum Abschlusse gekommen sei, um dann in Folge einer Hebung von neuem zu beginnen, daß also die Entwicklung der Formen meist in mehreren „Zyklen“ erfolgt sei.

Die Frage ist, ob diese veränderte Auffassung einen Fortschritt bedeutet. Es soll bereitwillig zugestanden werden, daß durch die aufmerksame Verfolgung der nachträglichen Umbildung der Flußnetze, die an sich nicht unbekannt war, manche bis dahin rätselhaften Erscheinungen klargelegt worden sind; aber ihr sind doch auch manche Erscheinungen zugeschrieben worden, die in Wahrheit auf Rechnung tektonischer Bedingungen oder überlebender (antezedenter) Flußläufe kommen. Auch die Form des einzelnen Tales oder Berges hängt bis zu einem gewissen Grade von der Dauer der Zeit ab, während deren die umbildenden Vorgänge wirksam gewesen sind; die Zeit tritt jedoch an Bedeutung weiter hinter der verschiedenen Art der Umbildung je nach Gestein und Klima zurück. Die Bezeichnung der Formen durch das Alter führt also irre. Ob es überhaupt zur Bildung alter und greisenhafter Täler gekommen ist, muß dahin gestellt bleiben; die „alten“ Täler der *Davisschen* Schule sind meist Täler in weichem Gestein, ihre greisenhaften Täler entweder Tieflandstäler, die nie steilere und höhere Talwände hatten, oder überhaupt keine Täler, sondern Dellen, d. h. flache Regenrinnen auf Landterrassen und Hochflächen. Ich will nicht in Abrede stellen, daß die gewöhnliche fluviatile Abtragung zu vollkommener Einebnung und Bildung einer Rumpffläche führen kann — ich selbst habe ja diesen Gedanken noch vor *Davis* entwickelt —; aber ein Nachweis dafür ist bisher nicht geliefert worden, und es ist fraglich, ob dieses Endstadium in der Natur je erreicht wird. Die sog. Greisenhaftigkeit kann ganz andere Ursachen haben.

Damit verliert auch die Idee des Zyklus ihre eigentliche Bedeutung. Die Wiederbelebung der Erosion nach Zeiten des Stillstandes in Folge von neuer Hebung war durch das Studium der Talterrassen seit langem erkannt worden, und man hatte darum schon längst von Perioden der Erosion gesprochen; aber ein wirklicher Zyklus ist nur dann vorhanden, wenn das Leben nicht im Stadium der Reife oder gar der Jugend unterbrochen wird, sondern bis zur Greisenhaftigkeit abläuft, um erst danach wieder zu erwachen. Solche Fälle sind bisher nicht nachgewiesen; denn daß Rumpfflächen des geologischen Altertums

in der Tertiär- und Quartärzeit wieder zerschnitten worden sind, ist etwas anderes.

Die *Davissche* rein geometrische Auffassung ist ein Schematismus, der mit der Begründung auf die deduktive Methode zusammenhängt; denn die Dauer des Vorganges läßt sich als ein quantitativer Faktor deduktiv ableiten, während sich die verschiedene Art eines Vorganges nur durch Beobachtung erkennen läßt. Soviel darin vom Leben die Rede ist, ermangelt sie selbst jeder Lebendigkeit; ihr Landschaftsbild ist von tödlicher Leere und Langeweile. Die unendliche Mannigfaltigkeit des Gesteins und seiner Lagerungsweise taucht in den schematischen Gegensatz von „hart“ und „weich“ unter. Obgleich neben dem sog. normalen, d. h. fluviatilen, Zyklus ein glazialer und ein arider Zyklus unterschieden werden, bei denen beiden jedoch die Betrachtungsweise versagt, das Werkzeug der Deduktion zerbricht, kommt die Mannigfaltigkeit der klimatischen Einflüsse viel zu kurz; denn den innerhalb des fluviatilen Zyklus vorhandenen Unterschieden der Bodengestaltung in der Polarzone, in der gemäßigten Zone, im Steppenklima, im Etesienklima, in den periodisch-feuchten und den immerfeuchten Tropen wird keine Rechnung getragen. Die Kleinformen fallen aus der Theorie heraus, von der Physiognomie, dem Baustil, gibt sie keine Vorstellung, und auch vielen Tatsachen des Bauplanes gegenüber versagt sie. Weder aus dem Gestein noch aus dem Klima begründet, schwebt die Gestaltung der festen Erdoberfläche in der Luft, fällt sie aus dem Zusammenhange der Erscheinungen der Erdoberfläche heraus.

So kann ich in ihr keinen Fortschritt der Wissenschaft, sondern nur eine Episode sehen. Durch die Einfachheit ihrer Auffassung und durch die Energie ihrer Predigt hat sie schnell einen großen Kreis von Anhängern gewonnen und die morphologische Forschung belebt, sie hat auch zu einer Anzahl richtiger Erkenntnisse geführt; aber als Ganzes ist sie verfehlt, und die auf ihr aufgebauten Untersuchungen haben viele Trugschlüsse gezeitigt. Es muß viel Schutt abgetragen werden, um das Feld wieder für unbefangene Forschung frei zu machen. Im ganzen war die bisherige Theorie, die als rückständig mißachtete, doch auf dem richtigen Wege; auf ihr müssen wir weiter bauen.

XIII. Der Formenschatz der Landoberfläche.

Unsere Kenntnis von der Entstehung der Landoberfläche muß in einer Übersicht über deren Formenschatz auslaufen. Jede einzelne Oberflächenform ist, streng genommen, individuell, von allen anderen verschieden, interessiert uns, sofern sie dafür bedeutend genug ist, in

ihrer Individualität und in ihrem Vorkommen und muß darum mit allen Mitteln der Sprache oder des Bildes oder der Karte dargestellt werden. Aber die Wissenschaft kann sich damit nicht begnügen, sondern muß über die individualisierende Auffassung hinaus zu gattungsbegrifflicher Betrachtung fortschreiten. Das ist schon aus formalen Gründen nötig, weil dadurch die immer wiederholte umständliche Beschreibung erspart wird, weil nur dadurch die gleichartigen Erscheinungen einer Gegend gemeinsam aufgefaßt und mit anderen verglichen werden können, und weil gattungsbegriffliche Auffassung die unentbehrliche Grundlage jeder vergleichenden Induktion und jeder kausalen Untersuchung ist. Aber es ist auch sachlich wichtig, weil richtig gebildete Gattungsbegriffe die tatsächlich vorhandenen Ähnlichkeiten und Verwandtschaften ausdrücken und auf gleiche oder ähnliche Entstehung sowie auf gleiche oder ähnliche Wirksamkeit hinweisen.

Man kann in der Morphologie wie in jeder Wissenschaft verschiedene Stufen der Klassifikation unterscheiden. Diese kann auf einzelne Formmerkmale begründet werden; wie man die Küsten nach dem Grundriß, dem Aufriß, der stofflichen Zusammensetzung gesondert klassifiziert hat, kann man auch bei den Formen des Binnenlandes die einzelnen Formmerkmale gesondert berücksichtigen. Die Klassifikationen der älteren beschreibenden Orographie, wie wir sie im ersten Teile von *Sonklars* Orographie oder in dem Buche des Generals *Neuber* finden, sind großenteils solche künstliche Klassifikationen; *Passarge* hat noch neuerdings eine solche gegeben.¹⁾ Man wird sie nicht ganz vernachlässigen dürfen, weil wir in vielen Fällen noch nicht weiter in der Erkenntnis vorgedrungen sind; aber es ist Pedanterie, wenn man in jeder morphologischen Darstellung die Fülle der Erscheinungen zuerst in das Prokrustesbett solcher künstlicher Klassifikationen zwingen will. Es ist zwecklos, Formengruppen von nur äußerlicher Ähnlichkeit aufzustellen, wie etwa Wannen oder Aufschüttungsseen. Die Wissenschaft muß bei jeder Erscheinung die Gesamtheit der Eigenschaften auffassen und hat das Mittel dafür in der Aufstellung von Typen gefunden, die, auf die Gesamtheit der Eigenschaften begründet, aber zunächst ohne beabsichtigte und bewußte genetische Bedeutung, doch die Erscheinungen im ganzen nehmen und dadurch, weil Ähnlichkeit der Gesamtheit der Eigenschaften immer oder doch meist auf ähnlicher Entstehung beruht, auch genetische Bedeutung haben. Manche solche Typen gehören schon dem täglichen Leben an

1) Landschaftskunde Bd. I S. 23 ff.

und sind dann von der Wissenschaft aufgenommen und weiter gebildet worden; in bewußter wissenschaftlicher Absicht hat namentlich *F. v. Richthofen* in seinem klassischen „Führer für Forschungsreisende“ davon Gebrauch gemacht. Sie werden induktiv gewonnen, sind zunächst beschreibend und bekommen erst im Laufe der Untersuchung genetische Bedeutung. Neben sie treten aber deduktiv gewonnene Formenklassen, denen von vornherein genetische Bedeutung inneohnt, deren Wirklichkeit aber erst nachgewiesen werden muß. Von ihnen gilt, was von den deduktiven Theorien gesagt worden ist: sie sind nur dann sicher, wenn die Deduktion auf eine sorgfältige Induktion folgt, also reproduktiv ist, oder wenn sie nachträglich durch eine solche bestätigt wird.

Bei jeder geographischen Klassifikation muß noch eine besondere Bedingung erfüllt sein. Sie muß die Erscheinungen gleichsam aus dem Wesen der Erdstelle herauswachsen lassen und sowohl ihren Zusammenhang mit anderen Erscheinungen derselben Landschaft wie ihre Anordnung und Verteilung klarlegen; denn nur dadurch werden sie sowohl für die länderkundliche Charakteristik wie für die vergleichende Betrachtung der allgemeinen Geographie verwendbar. Da die feste Erdoberfläche von zwei verschiedenen Ursachenreihen, dem inneren Bau und der oberflächlichen Umbildung, abhängt, die nichts mit einander zu tun haben, muß auch die morphologische Klassifikation zwei- und mehrgliedrig sein.

Die Formen der Erdoberfläche sind von sehr verschiedener Größe. Aus meinem Fenster sehe ich in das Neckartal: ich sehe den die Talsohle erfüllenden Fluß und die aus dem Flußbette aufsteigenden Talhänge; gegenüber wird der Hang durch ein Nebentälchen, weiter aufwärts durch Regenrisse gegliedert; ich weiß, daß dort im Walde ein Felsenmeer liegt; der Talhang steigt zum Königstuhl hinauf. Diese Formen zeigen eine Rangordnung: das Neckartal ist eine Großform, seine Sohle und seine Hänge sind Formelemente, das Felsenmeer und die Regenrisse sind Kleinformen, die dem Formelemente des Hanges Mannigfaltigkeit verleihen; nur bei jenem Seitentälchen kann man zweifelhaft sein, ob man es als Groß- oder Kleinform auffassen soll. Der Königstuhl ist eine Großform, gleich dem Neckartal, steht aber dieser Hohlform als Vollform gegenüber. Weder das Tal noch die Berge sind selbständig, für sich überhaupt denkbar; sie sind vielmehr Gliederungsformen des Odenwaldes, und erst in diesem tritt uns eine selbständige Oberflächenform entgegen, obgleich auch er wieder größeren Systemen, dem oberrheinischen Gebirgssystem und dem ganzen deutschen Mittelgebirgslande, untergeordnet ist.

Diese Unterscheidung von Oberflächenformen verschiedenen Ranges gilt für jedes Gebirge, und obgleich sie in Hochländern und Tiefländern etwas anders ist, treten uns doch immer Formen von verschiedener Größe und verschiedenem Range entgegen, die einander über- und untergeordnet sind und nicht verglichen werden können. Es wird viel dadurch gestündigt, daß man Formen von verschiedenem Range auf Grund von äußerlichen Ähnlichkeiten zusammenfaßt. Man kann sich diese Rangordnung durch den Vergleich mit dem menschlichen Körperbau deutlich machen, obschon man diesen Vergleich nicht zu weit treiben darf: eine selbständige Hauptform, wie der Odenwald, entspricht einem Menschen, die unselbständigen großen und kleinen Einzelformen seinen Organen, etwa dem Arme und dem Finger oder dem Fingernagel, eine Gruppe von Gebirgen einer Familie. Ebensowenig wie den Finger mit einem ganzen Menschen kann man einen einzelnen Felspfeiler mit einem Berge vergleichen. Die naive Auffassung sieht die Gebirge allerdings als eine Anhäufung von Bergen an, diese Auffassung findet sich noch bei *Karl Ritter* und ist selbst in der Gegenwart noch nicht ganz verschwunden; aber *Fröbel* hat *Ritter* bereits entgegengehalten, daß die Gebirge der Entstehung nach primär und selbständig, die Täler und Berge dagegen aus ihnen herausgearbeitet, also sekundär und unselbständig seien. Diese Auffassung ist heute so sicher gestellt, daß die Wissenschaft nur von ihr ausgehen kann.

Man darf die oberflächliche Umbildung nicht als gleichartige Entstehungsursache neben die tektonische Entstehung, z. B. Erosionsgebirge neben Schollen- und Faltengebirge, stellen. Die Erosion ist in allen dreien wirksam, und alle drei haben einen bestimmten inneren Bau; der Unterschied besteht darin, daß der ursprüngliche tektonische Block der Erosionsgebirge ein gleichartiges, ausdrucksloses Tafelland, der der beiden anderen Typen von vornherein gegliedert ist. Auch bei den Gebieten der Aufschüttung muß man mit einer tektonischen Unterlage rechnen, die uns allerdings meist unvollkommen bekannt ist. Nur die tektonischen Gebilde können für sich bestehen, sind selbständig; die oberflächlichen Vorgänge der Abtragung und Ablagerung können immer nur ein tektonisches Gebilde umarbeiten und umgestalten, aber nie etwas selbständiges aus sich heraus schaffen. Natürlich kann nicht jedes einzelne tektonische Gebilde, jede einzelne Mulde oder Gewölbe oder jede einzelne Falte als selbständig aufgefaßt werden, sondern nur die großen Faltungsmassen. Auch die meisten Vulkanberge sind, ähnlich wie Moränen oder Dünen, dem Gebirge aufgesetzt; selbständige vulkanische Gebirge sind Ausnahmen.

Soweit es für unseren Zweck nötig erschien, habe ich die Klassifikation der unselbständigen Klein- und Großformen bereits besprochen. Hier handelt es sich um die morphologische Auffassung der selbständigen Haupt- oder Gesamtformen, der Landschaften, wobei die unselbständigen Groß- und Kleinformen nur gleichsam als Eigenschaften oder Merkmale in die Betrachtung eintreten.

Die beiden wichtigsten Gesichtspunkte bei der Betrachtung einer Landschaft sind ihre Höhe und ihre Ebenheit oder Unebenheit, wonach wir von Tiefländern, Hochländern und Gebirgen sprechen. Nach dem absoluten Betrage der Meereshöhe und dem Maße der Unebenheit kann man weiter zwischen Berg- und Hügelländern, Tiefebene und Tiefländern, Hochebenen und Hochländern u. a. unterscheiden. Bergländer und Gebirge zeigen auch nach der Art der Gliederung verschiedene Typen, deren Vernachlässigung ein so großer Mangel der *Davisschen* Auffassung der Landschaft ist. Der Baustil oder die Physiognomie ergibt sich aus der Art der Einzelformen. Jeder dieser Gesichtspunkte für sich gibt nur einen Teil der Erscheinung und ist daher als allgemeiner Einteilungsgrund künstlich; eine natürliche Klassifikation muß ihnen allen gerecht zu werden suchen.

Die Ausführungen des vorangehenden Kapitels über die morphologischen Theorien lassen es allerdings von vornherein zweifelhaft erscheinen, ob sich die Charakteristik einer Gegend in einen Ausdruck zusammenfassen und danach eine einheitliche Klassifikation der Formen der Landoberfläche vornehmen läßt. Dem Anscheine nach gelingt es in einzelnen Fällen: wenn man von einem Vulkankegel oder einem einfachen Faltengebirge oder einer Inselberglandschaft (in dem ursprünglichen Sinne) oder einer Moränenlandschaft oder einer Flußebene spricht, steht ein bestimmtes einheitliches Bild vor den Augen; aber man sieht dabei unbewußt von gewissen an sich wichtigen Eigenschaften ab. In anderen Fällen tritt die Zweiheit der Auffassung sofort in das Bewußtsein. Der morphologische Charakter einer Landschaft hängt von ihrem inneren Bau und von ihrem Klima in Gegenwart und Vergangenheit zugleich ab, die nichts mit einander zu tun haben und daher nicht in einen Ausdruck gepreßt werden können. Alle Versuche einer eingliedrigen genetischen Klassifikation müssen darum unbefriedigend ausfallen. Wenn man den Bau zu Grunde legt, gelten sie nur für Flußlandschaften und zwar voll auch nur für Flußlandschaften in feuchten Klimaten, nicht für Glaziallandschaften und Wüsten; wenn man dagegen von der oberflächlichen Umbildung ausgeht, gelten sie nur für einen bestimmten Bau. Die

morphologische Charakteristik einer einzelnen Landschaft muß zweigliedrig (binomisch) oder in vielen Fällen drei- und mehrgliedrig sein; eine Klassifikation ist nur durch Verbindung zweier oder dreier oder noch mehrerer Einteilungsgründe möglich. Ein Tafelland der Wüste, ein Faltenland der feuchten Tropen, eine gehobene Rumpflatte der gemäßigten Zone sind solche zweigliedrige Charakteristiken. Nur bei Gebieten der Ablagerung kann man scheinbar vom inneren Bau absehen, weil er durch die oberflächliche Ablagerung verhüllt ist; aber in Wahrheit wird dabei Flachlandsnatur des Landes vorausgesetzt, denn anders hätte es zu keiner zusammenhängenden Ablagerung kommen können.

Von einer Rangordnung der Einteilung nach dem inneren Bau und nach der oberflächlichen Umgestaltung wird man kaum sprechen können. Da man anfangs in der Oberflächengestalt einen ziemlich unmittelbaren Ausdruck des inneren Baus sah, stellte man diesen in der Charakteristik und Klassifikation bis zur völligen Vernachlässigung der oberflächlichen Umbildung voran. Heute sind manche geneigt, den Spieß umzukehren; aber auch diese Einseitigkeit ist höchstens bei Gebieten überwiegender Ablagerung statthaft. Ein noch einseitigeres Einteilungsprinzip ist aber das Alter; seine Bedeutung steht hinter der des inneren Baus und der oberflächlichen Umbildung weit zurück.

Da sich dieses Buch auf die Morphologie im engeren Sinne, d. h. auf die oberflächliche Umbildung, beschränkt und die Tektonik voraussetzt, will ich die tektonische Charakteristik und Klassifikation hier nur andeuten. Auch der innere Bau ist keine einfache, sondern eine zusammengesetzte Tatsache. Es kommt sowohl auf das Gestein wie auf die Lagerungsverhältnisse an; am wichtigsten ist die tektonische Oberfläche, d. h. die Oberfläche, wie sie auf Grund der jungen gebirgsbildenden Vorgänge ohne Umbildung durch äußere Kräfte sein würde. Der Bau der meisten Gegenden ist in wiederholten Akten geschaffen worden, und wenn wahrscheinlich der älteste für die Zukunft bestimmend und darum für den Geologen, den Geschichtschreiber der Erde, am wichtigsten ist, so ist doch für die Gegenwart und damit für die geographische Betrachtung der letzte größere Akt maßgebend. Das deutsche Mittelgebirgsland ist für sie in erster Linie ein Schollenland und erst in zweiter ein Land alter Faltung, die eigentlich nur noch in der Schichtenlagerung zum Ausdrucke kommt. Die allgemeinen Hebungen und Senkungen, die je nachdem der Erosion oder der Ablagerung neue Kraft verleihen oder auch zu einem Wechsel von Erosion und Ablagerung führen können, können nur als Abänderungen aufgefaßt

werden. Beispielsweise kann man den Schwarzwald als ein Rumpfschollengebirge mit teilweise überlagernder Decke von Buntsandstein bezeichnen. Eine nähere Charakteristik würde sich auf die Ausdehnung und Mächtigkeit des Sandsteins, die Zusammensetzung des Rumpfes aus Erstarrungs- und Schichtgesteinen verschiedenen Alters und verschiedener Beschaffenheit und auf etwaige Wiederholung der Hebung beziehen und namentlich auch die Maße der Hebung und der Ausdehnung des Gebirges hinzufügen. Wenn es sich trotz allem bewahrheiten sollte, daß das Gebirge in jüngerer Zeit von neuem eingeebnet worden sei, so würde auch das in die Charakteristik aufzunehmen sein. Die Charakteristik des Schweizer Juras oder der Apenninen wird natürlich verschieden ausfallen, je nachdem man die für jenen von *Brückner*, für diese von *Braun* behauptete Einebnung des Gebirges nach der Faltung für richtig hält oder nicht. Wenn nicht, so würde man sie als einfache Faltengebirge charakterisieren, wobei für den Jura die überwiegende Zusammensetzung aus Kalk und der dadurch bedingte Karstcharakter hervorzuheben wäre. Wenn ja, so würde man die beiden Gebirge ähnlich wie Rumpfbirge, nur aus jüngerer Zeit, zu behandeln haben. Dasselbe würde für die Alpen nach der Auffassung *v. Staffs* gelten, während sie für uns andere ein kompliziert gebautes und nachträglich noch gehobenes und vielleicht verbogenes Falten- und Überschiebungsgebirge sind. Mit der Annahme neuerer Einebnungen gingen fast alle tektonischen Unterschiede verloren oder träten wenigstens in die zweite Reihe; wir hätten fast überall mit einfachen Gewölben zu rechnen, die sich nur durch ihre Ausmaße unterscheiden. Aber das sind wohl Hirngespinnste; vorläufig dürfen und müssen wir an der verschiedenen Art der tektonischen Gebilde festhalten und etwa zwischen Faltengebirgen einfacher oder komplizierter Bauart, zerbrochenen Faltengebirgen, Schollen verschiedener Art (mit weiterer Unterscheidung einmal nach der Lage und Form der ganzen Scholle und dann nach ihrem inneren Bau) und endlich vulkanischen Gebirgen unterscheiden. Wahrscheinlich werden sich noch andere Typen herausstellen, die wir heute noch nicht recht beurteilen können; denn der Unterschied von Gebirgen wie dem Tianschan und den deutschen Mittelgebirgen, die nach der heutigen Auffassung beide Rumpfschollengebirge sein sollen, dürfte nicht bloß auf verschiedenem Ausmaße der Hebung, sondern auf wesentlich verschiedenen Bildungsvorgängen beruhen.

Bei gleichem Klima kommt man mit einer solchen tektonischen Charakteristik und Klassifikation aus; denn die Vorgänge der oberflächlichen Umbildung hängen dann vom inneren Bau ab, die durch

sie erzeugten Formen können als Funktionen des Baus aufgefaßt werden. Aber in einem anderen Klima ändert sich die oberflächliche Umbildung auch bei gleichem Bau, und zwar kommt dafür neben dem Klima der Gegenwart auch das der Vergangenheit in Betracht. Denken wir uns den Odenwald oder den Harz oder irgend ein anderes deutsches Mittelgebirge nach einander in verschiedene Klimazonen versetzt und suchen uns vorzustellen, welche Formen sie dann annehmen würden! Schon in Schottland und Norwegen und noch mehr in hohen Breiten hat die eiszeitliche Schneegrenze so viel tiefer gelegen und haben sich Gletscher so viel tiefer herabgesenkt, daß die glaziale Bodengestaltung über die fluviatile überwöge; das Gebirge hätte einen glazialen Formenschatz. In der Sahara gäbe es keine regelmäßige Entwässerung, die Durchtalung wäre gering, chemische Zersetzung fehlte oder wäre doch anderer Art; das Gebirge hätte den Formenschatz der Wüste. In den feuchten Tropen wäre es zwar durchtal, ähnlich wie in Deutschland; aber die andere Verwitterung und Denudation schüfe auch dort andere Formen. In den periodisch feuchten Tropen wäre das Gebirge wahrscheinlich in eine Inselberglandschaft verwandelt. Kleinere Klimaunterschiede hätten kleinere Unterschiede der Bergformen zur Folge.

Mit dem Klima wechseln sowohl die Vorgänge der Umlagerung wie der Verwitterung und Denudation, sowohl die Großformen wie die Kleinformen. Jene sind dauerhafter und stammen oft aus der Vergangenheit, diese gehören überwiegend der geologischen Gegenwart an. Verwitterung und Denudation hängen auch unmittelbar von den Bedingungen der betreffenden Erdstelle ab, die großen Vorgänge der Umlagerung erstrecken sich dagegen in Nachbargebiete, so daß z. B. ein Gebiet, das nie ewigen Schnee gehabt hat, doch von der Vergletscherung erreicht wurde und glaziale Bodengestaltung zeigt, in ein trockenes Gebiet die Flüsse eines benachbarten feuchten Gebietes eintreten.

Für die Auffassung und Klassifikation der Formen stehen die großen Vorgänge der Umlagerung an Bedeutung voran; die Charakteristik nach dem inneren Bau muß also zuerst durch die Angabe der Stellung in einem System der Umlagerung ergänzt werden, wobei einerseits zwischen den verschiedenen Faktoren der Umlagerung, andererseits zwischen den Gebieten der Abtragung und der Ablagerung unterschieden werden muß. Dadurch sind die großen Züge der Umbildung gegeben; die Physiognomie des Gebirges kommt aber ganz erst heraus, wenn wir auch die heutige Umbildung an Ort und Stelle in die Beschreibung aufnehmen. Das cumbrische Bergland (*Lake distrikt*) ist ein Rumpfschollengebirge,

stimmt also mit den deutschen Mittelgebirgen überein, ist aber im Gegensatze zu ihnen in der Eiszeit großenteils glazial umgebildet worden und steht heute unter dem Einflusse eines feuchteren Klimas. Das Plateau von Ahaggar ist ein Kalktafelland der Wüste. So ließen sich die Beispiele häufen.

Muß man somit die Verschiedenheit des inneren Baus und die klimatisch bedingte Verschiedenheit der oberflächlichen Umbildung grundsätzlich auseinanderhalten, so können doch bestimmte Eigenschaften des inneren Baus so stark wirken, daß die klimatischen Unterschiede dahinter zurücktreten, oder können auch Formen hervorrufen, die sonst einem anderen Klima angehören, so daß man von Konvergenzerscheinungen sprechen kann. Gilt ersteres von Kalk- oder Karstgebirgen, so letzteres z. B. von wasserdurchlässigem Sandstein wie dem Quadersandstein Sachsens, Schlesiens und Böhmens; dessen Formen sind denen der Wüste so ähnlich, daß man zu ihrer Erklärung mit Unrecht ein früheres Wüstenklima in Anspruch genommen hat. Bruchstufen ähneln den durch Abtragung gebildeten Landstufen, die man als Schichtstufen bezeichnet hat. Felsplatten können, wie es scheint, sowohl durch marine Abrasion wie durch festländische Abtragung verschiedener Art entstanden sein.

XIV. Gliederung und Einteilung der Landoberfläche.

Etwas anderes als die Klassifikation der Oberflächenformen ist die Gliederung und Einteilung der Landoberfläche; denn ist es jener um eine vergleichende Übersicht und um die gattungsbegriffliche Auffassung der Formen ohne Rücksicht auf deren räumlichen Zusammenhang zu tun, so zielt diese gerade auf den räumlichen Zusammenhang hin. Welche Stücke der Landoberfläche gehören zusammen, welche können getrennt werden, an welchen Stellen dürfen wir die Grenzlinien ziehen, die für jede Betrachtung der Klarheit wegen nötig sind? Dabei handelt es sich hier nur um die feste Erdoberfläche als solche; in einer allgemeinen geographischen Betrachtung wäre immer die Frage voranzustellen, ob man überhaupt zu einer morphologischen Einteilung greifen oder nicht vielmehr eine Einteilung auf Grund der Entwässerung, des Klimas, der Pflanzendecke oder menschlicher Erscheinungen bevorzugen soll.

Die Einteilung der festen Erdoberfläche ist in erster Linie nicht morphologisch im engeren Sinne, sondern tektonisch. Nicht nur der Gegensatz der Kontinente, sondern auch die Verteilung von Gebirgen,

Hochländern, Tiefländern ist großenteils im inneren Bau der festen Erdrinde gegeben. Nur die tektonischen Vorgänge erzeugen selbständige Hauptformen; die Vorgänge der oberflächlichen Umbildung, also die morphologischen Vorgänge im engeren Sinne, treten erst bei der Gliederung der selbständigen Hauptformen ein, aber schalten auch dabei nicht allein, sondern in Verbindung und im Wettbewerb mit den Tatsachen des inneren Baus. Es ist oft willkürlich, nur eine Frage der Zweckmäßigkeit und des Takttes, wem man dabei den Vorrang lassen soll. Aber auch abgesehen hiervon kann man die Einteilung von zwei verschiedenen Gesichtspunkten aus vornehmen: man kann mehr auf die Art und Weise der Gestaltung, den Formenschatz, oder mehr auf den räumlichen Zusammenhang oder die räumliche Trennung achten.

Verschiedene Art der Gestaltung der Landoberfläche, verschiedener Formenschatz, kann aus einem Wechsel im inneren Bau hervorgehen, und zwar sind das meist die größten und auffallendsten Wechsel. Die Alpen und ihr Vorland, die Alpen und der Schweizer Jura, die kristallinen Zentral-Alpen und die Kalk-Alpen, der Falten- und der Tafel-Jura, der Schwarzwald und der oberrheinische Graben, das Elbsandsteingebirge und die Lausitzer Platte oder das Erzgebirge sind solche Gegensätze. Andererseits läßt Verwandtschaft der Entstehung benachbarte Gebirge zu Gebirgssystemen zusammenfassen, wie die Alpen mit den Karpathen oder den dinarischen Alpen und dem Pindus oder die Gesamtheit der deutschen Mittelgebirge. Auch bei gleichem Bau kann Wechsel des Gesteins eintreten und eine bedeutsame Differenzierung der Oberflächenformen und auch der Wirkungen auf Pflanzenwelt und Menschen bewirken. Das ist namentlich in Stufenlandschaften der Fall, in denen der Gesteinswechsel meist mit Geländeabsätzen zusammenfällt. Wie verschieden ist in der südwestdeutschen Stufenlandschaft die Muschelkalkplatte vom Buntsandstein, so daß man in deren Grenze die Grenze des Schwarzwalds, Odenwalds und Spessarts gegen die östlichen Nachbarlandschaften zu legen pflegt, und ähnlich weiterhin der Wechsel vom Muschelkalk zum Keuper, vom unteren und mittleren zum oberen Jura! Und drittens wechseln die Formen mit dem Klima. Dieser Wechsel kann sich allmählich vollziehen, wenn sich ein gleichartig gebautes Land über verschiedene Klimate erstreckt. Er kann aber auch schroff sein, wenn ein hoher Gebirgskamm als Klimascheide wirkt, wie zwischen der indischen und der tibetanischen Seite des Himalaja oder zwischen dem Ostabhang der peruanischen-bolivianischen Ost-Kordillere und der Sierra und dem Titicacahochlande.

Räumliche Trennung kommt besonders dann zur Geltung, wenn hohe Auflagerungen neben Einsenkungen liegen. Man kann den Blick dabei mehr auf jene, die Vollformen, oder auf diese, die Hohlformen, richten; der Morphologe wird meist das erstere, der Anthropogeograph das letztere bevorzugen. Die Hohlformen können tektonische Gebilde: Gräben oder Mulden, unter Umständen auch einfache Lücken zwischen selbständig gebildeten Vollformen, oder aber erosiv gebildete Täler und Talungen sein; in jenem Falle haben die Gebirgstäler eine gewisse tektonische Selbständigkeit, in diesem sind sie herausgeschnittene Stücke, die aber nichtsdestoweniger deutlich von der Nachbarschaft verschieden sind. Die ältere Orographie hat, z. B. in der Einteilung der Alpen, die räumliche Trennung, die ja schon auf dem Kartenbilde mehr hervortritt, vor der tektonischen oder morphologischen Eigenart bevorzugt, und obgleich man dieser größere Gerechtigkeit als früher erweisen muß, so ist es doch vom geographischen Standpunkt aus nicht berechtigt, wenn einzelne Geologen ihr einen höheren wissenschaftlichen Rang als jener zugeschrieben haben.

Anhang: Die morphologische Forschung und Darstellung.

1. Die Methode der morphologischen Forschung.

a) Das vergleichende Kartenstudium und Beobachtung in der Natur.

Schon die Geburtszeit der modernen Morphologie wird durch einen Kampf um die Methode gekennzeichnet. In *Peschels* Neuen Problemen der vergleichenden Erdkunde, denen das große Verdienst nie entrissen werden kann, die ursächliche Behandlung morphologischer Probleme in die Geographie eingeführt zu haben, wurden bestimmte Oberflächenformen, wie die Fjorde, die Täler, die Seen, die Deltas, über die Erdoberfläche verfolgt, und aus dem Vergleiche ihrer Verbreitung mit der Verbreitung anderer Erscheinungen wurden Schlüsse auf ihre Ursachen gezogen. Dieses Verfahren stand im Gegensatze zu der Untersuchungsmethode der Geologie, die sich meist auf die Einzelerscheinungen richtete. Die vergleichende Betrachtung über die Erde hin war allerdings nichts ganz Neues; aber sie trat hier, auf eine ganze Reihe von Problemen angewandt, bewußt als solche auf und wurde dabei mit so großer Eleganz gehandhabt, daß sie die Geister mit sich fortriß. Ohne Zweifel sind eine Anzahl wichtiger Erkenntnisse dadurch gewonnen worden. Aber andere Ergebnisse bewährten sich nicht, und allmählich stellten sich die Mängel der Methode, auf die einzelne Skeptiker gleich hingewiesen hatten, immer deutlicher heraus. Die Ver-

gleiche über die Erde wurden von *Peschel* nur auf das Studium von Übersichtskarten und einzelnen Reisebeschreibungen begründet und waren daher von vornherein oberflächlich. Aber auch als *Rudolf Credner* und andere auf Grund eindringender Studien die Deltas, die Reliktenseen und andere Erscheinungen gründlich untersuchten, blieben die Untersuchungen mit großer Unsicherheit behaftet, weil das in Karten und in der Literatur angehäufte, aber ohne Rücksicht auf die betreffende Untersuchung gesammelte Material keine genügende Grundlage bot. Ich erinnere mich einer dramatischen Szene auf dem Geographentage in Halle. Nachdem *R. Credner* nach *Peschelscher* Methode einen formvollendeten Vortrag über die Alpenseen gehalten hatte, stand *Zittel* auf und teilte die damals eben abgeschlossenen Untersuchungen *Pencks* über die Entstehung des bayrischen Alpenvorlandes durch glaziale Erosion mit. Die Überlegenheit der Beobachtung über das vergleichende Kartenstudium mußte sich jedem aufdrängen, und obgleich die *Penckschen* Folgerungen seitdem viel bekämpft worden sind, ist der Kampf doch mit Beobachtungen, nicht auf dem Wege des Kartenstudiums geführt worden. Unsere wichtigsten Erkenntnisse nicht nur über die Kleinformen, die sich überhaupt nur der unmittelbaren Beobachtung darbieten — das Bild bietet nur einen beschränkten Ersatz —, sondern auch über die Erosionsnatur der Täler, die glaziale Bodengestaltung, die Bodengestaltung der Wüste und der Tropen usw. sind durch unmittelbare Beobachtung gewonnen worden. Freilich darf man nun nicht in das andere Extrem verfallen und das Kartenstudium ganz verbannen wollen. Die Untersuchung einer Erscheinung durch unmittelbare Beobachtung ist immer ein umständliches Unternehmen und läßt sich nur in beschränktem Umfange durchführen; wenn wir uns ganz darauf beschränken wollten, würden wir nie zu allgemeinen Sätzen gelangen. Das vergleichende Kartenstudium muß sie unterstützen; es lenkt den Blick auf die Probleme und auch auf gewisse Möglichkeiten zu deren Lösung. Wenn durch die Beobachtung ein Ergebnis gewonnen ist, ist der Blick geschärft, kann man auf Grund der Karte und der Literatur weitergehende Schlüsse wagen. Aber die so gewonnene Erkenntnis bleibt vorläufig, ist erst dann vollendet, wenn sie durch Beobachtung über die ganze Erde ausgedehnt ist. Die heutige Morphologie beruht noch zu sehr auf einer räumlich beschränkten Grundlage. Sie war zuerst west- und mitteleuropäisch. Dann kam die nordamerikanische Kordillerenforschung hinzu. Namentlich *Richtshofen* trug eindringende Forschung nach Asien. Andere Reisende arbeiteten nach seinem Muster in anderen Erdteilen. Aber sie mußten

zunächst Pionierarbeit leisten, mußten ihre Forschung über weite Gebiete ausdehnen, mußten sich selbst die topographische und geologische Karte schaffen, ehe sie an die morphologischen Probleme herantreten konnten. Ihre Arbeiten konnten nicht die gleiche Genauigkeit wie europäische Detailforschung haben. Diese Reisen und Forschungen müssen vervielfacht und immer erneuert werden, weil immer neue Probleme auftauchen und die Untersuchungsmethoden verfeinert werden. Nur so kommen wir über die Einseitigkeit hinaus, die der heutigen Morphologie noch anhaftet, und gewinnen weitere Gesichtspunkte und allgemein gültige Ergebnisse.

b) Induktion und Deduktion.

Das in anderen Teilen der Naturwissenschaft so wichtige Experiment spielt in der Morphologie noch eine ziemlich geringe Rolle. Einige der bekannten Experimente von *Daubrée* und einzelne andere geologische Experimente gehören hierher; in größerem Maßstabe ist in den Wasserbaulaboratorien die Arbeit des fließenden Wassers experimentell untersucht worden. In der Hauptsache sind wir auf gewöhnliche Induktion und auf Deduktion angewiesen.

Die induktive Methode verbannt deduktive Schlüsse keineswegs ganz, kann sie vielmehr gar nicht entbehren, läßt sie aber im allgemeinen erst auf die induktiven Schlüsse folgen. Manchmal eilen deduktive Ableitungen sogar, allerdings der strengen Methode zuwider, der Induktion voran und können sehr weit gehen und eine ziemlich geschlossene Form annehmen. Schon *Powell* ist stark deduktiv, und *Gilbert* hat im fünften Kapitel seines berühmten Buches über die *Henry Mountains* eine umfassende deduktive Theorie der Erosion und Abtragung gegeben. In *Richthofens* Lößtheorie und noch mehr in seiner Theorie der Abrasion finden sich deduktive Elemente, und sein Führer für Forschungsreisende ist voll von deduktiven Ableitungen. *Philippsons* Beitrag zur Theorie der Erosion, der sich an seine Untersuchung der Wasserscheiden anschließt, ist deduktiv. Ich persönlich habe bei meinen Studien über die sächsische Schweiz und auch weiterhin sehr viel, an einigen Stellen wohl zu viel, deduktiv gedacht.¹⁾ Auch *Passarge* hat große Deduktionen, und so ließen sich die Beispiele häufen. Aber man kann das Wesen dieser Deduktion dahin bestimmen, daß sie im ganzen reproduktiv ist, den Zusammenhang der Erscheinungen aus

1) Es ist mir dem gegenüber ganz unverständlich, wie *Walther Penck* behaupten kann, daß ich die Deduktion überhaupt nicht gelten ließe; ich bekämpfe nur deren übertriebene Anwendung.

den Ursachen heraus erst aufbaut, nachdem der Nachweis des Zusammenhanges durch Beobachtung geliefert ist. Erst nach dem Nachweise der Erosionsnatur der Täler ist diese aus den Gesetzen der Bewegung des fließenden Wassers abgeleitet worden, und auch heute, nachdem die Theorie durchgebildet ist, beginnt die Untersuchung in jedem einzelnen Falle mit einer auf Beobachtung begründeten Diagnose. Ehe man eine langgestreckte Hohlform als ein Gebilde der Erosion auffaßt, untersucht man, ob sie auch wirklich die Merkmale eines echten Tales zeigt; in Talterrassen, Talwindungen usw. sucht man nach unmittelbaren Beweisen dafür. Ehe man eine Landstufe für ein Gebilde festländischer Abtragung erklärt, schließt man ihre Entstehung durch Verwerfung oder durch Meeresbrandung aus, indem man nachweist, daß deren Merkmale fehlen, weist man andererseits in der Gesteinszusammensetzung die geeigneten Bedingungen für die Bildung einer Landstufe nach.

Davis' ältere Arbeiten, die um einige Jahre jünger als die genannten morphologischen Arbeiten in Deutschland und in Frankreich sind, haben im wesentlichen die gleiche Methode verfolgt, und in seinem Buche über die erklärende Beschreibung der Landformen (S. 138ff.) schildert er als Methode der morphologischen Forschung die übliche induktive Methode, die er allerdings für keine Induktion zu halten scheint, weil sich in ihr auch deduktive Erörterungen finden. Ein großer Teil der Deduktion in dem genannten Buche sowie in anderen zusammenfassenden Darstellungen ist nur scheinbar neue Forschung, tatsächlich nur eine in die Form der Deduktion gekleidete Darstellung der vorher auf induktivem Wege gewonnenen Erkenntnis. Aber allmählich ist *Davis*, vielleicht ohne es zu wissen und zu wollen, auch in der Forschung in die Deduktion hinübergeglitten und hat seine Anhängerschaft auf diesen Weg gewiesen. Die heutige Forschungsmethode seiner Schule, zu der in dieser Beziehung auch *Walther Penck* zu rechnen ist, ist deduktiv, und wenn er sich in einer Besprechung des vorliegenden Buches dagegen verwahrt, weil jede Behauptung nachher an den Tatsachen geprüft werde, so zeigt er damit nur, daß er das Wesen der beiden Methoden nicht zu unterscheiden vermag.

Als deduktiv gibt sich die Methode dadurch zu erkennen, daß die Formen zuerst durch Ableitung aus den wirkenden Kräften aufgestellt und erst dann an der Wirklichkeit geprüft werden; das Schema ist fertig, bevor es an die Wirklichkeit herangetragen, mit ihr erfüllt wird. Auf dem internationalen Geographenkongresse in Genf rief *Davis* in einer Diskussion emphatisch aus: der Morpholog solle zuerst in ein dunkles Kämmerlein gehen und mit geschlossenen Augen denken,

denken, denken; dann erst solle er in die Natur hinaus. Derselbe Gedanke kehrt in seinem Buche mehrfach wieder, und er beherrscht die Arbeitsweise seiner Schule. Wenn der Davisianer in die Landschaft hinaus tritt oder die Karte betrachtet, spricht er beim ersten Blicke ein genetisches Urteil aus, indem er die Beobachtungen unter die vorhandenen Begriffe subsumiert. Die induktive Forschung beginnt mit der Beschreibung der Tatsachen und schreitet allmählich zu deren ursächlicher Auffassung fort; die genetischen Begriffe gehen durch allmähliche Reinigung und Schärfung aus den ursprünglich rein empirischen Begriffen hervor. Ihre Beobachtungen bleiben daher bestehen, auch wenn die Theorie sich ändert. Dagegen stellt die deduktive Methode die genetischen Begriffe zuerst in Gedanken auf und tritt dann mit ihnen an die Natur heran. Sie setzt, wie *Rühl* sagt¹⁾, den Forscher in den Stand, bei seinen Untersuchungen im Felde ganz systematisch vorzugehen (wobei statt „systematisch“ eigentlich „schematisch“ zu sagen wäre): „Ist diese Arbeit einmal vollendet, dann wird man tatsächlich jede Oberflächenform, die in der Natur entgegen tritt, in irgend eine Reihe einzuordnen vermögen.“ So gewinnt man schnell fertige Erkenntnis; es ist nur zweifelhaft, ob sie etwas wert ist.

Das erste Erfordernis jeder deduktiven Theorie ist Klarheit und Bestimmtheit der Auffassung und der Begriffsbildung, und gerade daran läßt es die *Davissche* Theorie ganz fehlen. Der in ihrem Vordergrund stehende Vergleich mit dem Lebensalter ist keine Erklärung (vgl. S. 46ff.), und der Begriff ist auch insofern zweifelhaft, als er zwischen *Zeit* (*time*) und *Entwicklungsstufe* (*stage*) schwankt, der jetzt bevorzugte Begriff *Entwicklungsstufe* aber kein einfacher, sondern ein aus zwei Komponenten, nämlich der Dauer und der Intensität der Entwicklung, zusammengesetzter, also zunächst nur beschreibender, nicht erklärender Begriff ist. Ebenso wenig genügend ist der zweite Hauptbegriff der *Davisschen* Theorie, der *Zyklus* (s. S. 114f.); denn er macht keinen Unterschied zwischen einer ganz kurzen oder einer ganz langen Unterbrechung der Erosion und wird Senkungen und anderen Unterbrechungen des Erosionsvorganges überhaupt nicht gerecht. Auch die beiden anderen Hauptbegriffe: *Struktur* und *Vorgang* werden nicht scharf bestimmt, und man weiß nicht recht, ob man hierunter nur äußere (exogene) oder auch innere (endogene) Vorgänge verstehen soll. In zweiter Linie führt *Davis* *Textur* und *Relief* als Bedingungen der Form der Erdoberfläche an; aber es fehlt jede Angabe darüber, in welchem Verhältnis diese beiden zu den drei erst-

1) Fortschritte der naturwissenschaftlichen Forschung Bd. VI S. 129 f.

genannten Bedingungen stehen, ob sie aus jenen abgeleitet oder selbständige Dinge sind.

In der Hauptsache kommt die *Davissche* Theorie darauf hinaus, daß im Laufe der Zeit die Täler eingetieft und die Hänge abgeflacht werden, wobei der größeren oder geringeren Widerständigkeit (Härte) des Gesteins ein gewisser Einfluß auf die Schnelligkeit des Vorganges zugestanden wird. Es ist eine rein geometrische Konstruktion, keine ursächliche Erklärung auf Grund des physikalischen und chemischen Charakters der Vorgänge. Nur der glaziale und aride Zyklus werden gesondert behandelt, weil bei ihnen die Arbeit des fließenden Wassers wegfällt oder unterdrückt wird; dagegen wird im normalen oder fluviatilen Zyklus der Verschiedenheit der Vorgänge bei verschiedenem Gestein und in verschiedenen Klimaten keine Rechnung getragen, die Mannigfaltigkeit der Form, die aus diesen Unterschieden entspringt, wird nicht bemeistert. Der Verzicht auf wirkliche Erklärung aus den Vorgängen verleitet auch dazu, diese sich mit einer Leichtigkeit vollziehen zu lassen, die der Wirklichkeit nicht entspricht. Es gibt kaum etwas einfacheres, als durch geometrische Konstruktion ein Tal in eine Fastebene zu verwandeln, indem man die Talhänge allmählich niederklappt (vgl. S. 56); in der Natur ist das jedoch ein gewaltiger Vorgang, der ungeheure Zeiträume in Anspruch nimmt. Theoretisch ist es wohl möglich; aber es ist fraglich, ob es in der Natur, wenigstens in unserem Klima, dazu kommt. Darum darf man nicht ohne zwingenden Grund zur Annahme von Fastebenen greifen, bloß weil sie eine bequeme Hilfskonstruktion für die Anwendung des Erosionsschemas sind. Die Forschung muß immer zuerst die einfachste Annahme machen; das ist aber nicht die für die Erklärung leichteste, sondern die, die der Natur am wenigsten zumutet.

Die Deduktion kann ihrem Wesen nach nur auf Möglichkeiten hinweisen, zeigen, daß eine Form so entstanden sein kann; dieselbe Form könnte auch anderen Vorgängen ihre Entstehung verdanken. Nur eine genaue Analyse des Vorganges, eine Differentialdiagnose, wie *Passarge* sagt, kann darüber entscheiden. Hieran lassen es aber die meisten Arbeiten der *Davisschen* Schule fehlen¹⁾, und die meisten Formen lassen sich in der Tat anders besser erklären; namentlich ist die Annahme von Fastebenen in den meisten Fällen überflüssig. Geographen und Geologen sind unter dem Eindrucke der *Davisschen* Methode und Theorie von einem ähnlichen Rausche ergriffen worden wie seiner Zeit unter dem Eindrucke von *Peschels* Neuen Problemen. Die Eleganz

1) *Davis* selbst hat eine solche, sogar in umständlicher Breite, in seiner Untersuchung des Berglandes von Wales gegeben.

der deduktiven Ableitung und die Leichtigkeit, mit der scheinbar Ergebnisse gewonnen werden, gegenüber der der soliden Induktion leicht anhaftenden Schwerfälligkeit, zusammen mit *Davis'* unleugbar großem didaktischem und zeichnerischem Geschick machen diesen Rausch psychologisch begreiflich. Aber der Katzenjammer konnte nicht ausbleiben. Der Weg der Wissenschaft ist nun einmal lang und dornenvoll; Luftschlösser haben keinen Bestand.

Um das deduktive Verfahren zu retten, könnte man die Fehler auf das persönliche Konto des Meisters setzen wollen; aber wenn ein bedeutender Mann, der seine ganze Kraft der Aufgabe widmet, damit scheitert, so ist das ein schlimmes Zeichen. Die Deduktion ist ein einigermaßen sicherer Weg der Erkenntnis nur in den abstrakten Wissenschaften, wie der mathematischen Physik, in denen die Zahl der in Betracht kommenden Ursachen und Bedingungen gering, und in denen die Ableitung quantitativ ist, also mit Hilfe der Mathematik geschehen kann. Schon in der Chemie spielt sie eine viel geringere Rolle, und in den konkreten Erfahrungswissenschaften, in denen in jedem einzelnen Falle unbekannte Ursachen und Bedingungen in Betracht kommen und nur ausnahmsweise quantitative Betrachtung möglich ist, tritt sie ganz zurück; hier muß sie sich in das induktive Verfahren einfügen und kann nur Hilfsdienste leisten, die Gedanken klären und zu schärferer Beobachtung und Diagnose anregen. Einzelne Gedanken der deduktiven Theorie werden in der Morphologie der Erdoberfläche überleben; aber das Gebäude wird einstürzen. Nur solide induktive Forschung führt zum Ziele.

2. Die Methode der Darstellung.

Neben der morphologischen Forschung bedarf auch die Darstellung der Untersuchung, zumal da sie von *Davis* stark in den Vordergrund gerückt worden ist; sein ganzes Lehrgebäude ist ja auf eine besondere Darstellungsform zugespitzt, die er erklärende Beschreibung nennt. Bei dieser Untersuchung will ich aber nicht, wie *Davis*, auf rein didaktische Fragen eingehen und erörtern, auf welche Weise sich der Vortragende in ein günstiges Licht bei den Zuhörern setzt, sondern ich will die Frage als ein Problem der Wissenschaftstheorie behandeln. Damit will ich natürlich nicht sagen, daß man die äußere Form vernachlässigen dürfe; aber sie kann erst in zweiter Linie stehen, die Hauptsache ist die Logik.

Je nach dem Stande der Wissenschaft und dem Zwecke der Darstellung kann sie eine nur auf die Tatsachen gerichtete Beschreibung

im engeren Sinne des Wortes, oder eine auf die Ursachen gerichtete Erklärung sein. *Davis* glaubt, indem er mit seinem fertigen, deduktiv gewonnenen Schema an die Wirklichkeit herantritt, diese sofort erklären, d. h. genetisch beschreiben zu können. Aber das Recht seines Verfahrens steht und fällt mit der Anwendbarkeit der deduktiven Forschungsmethode; wenn diese zu sicheren Ergebnissen führte, wäre auch das Recht einer von vornherein erklärenden Beschreibung begründet. Aber einer so mannigfaltigen und gewaltigen Wirklichkeit gegenüber, wie es die Form der Landoberfläche ist, versagt sie; sie täuscht ein Wissen vor, das wir nicht haben, und führt daher zu wissenschaftlicher Unsolidität.

Alle Formen der festen Erdoberfläche müssen zunächst als Tatsachen aufgefaßt und zur Anschauung gebracht werden. Diese Aufgabe wird in Übertreibung des Kausalitätstriebes oft versäumt. Es ist eine bekannte Erfahrung, daß der Studierende, bevor er eine strengere Schule durchgemacht hat, die Frage nach dem Wie eines Dinges meist mit der Erklärung des Warum beantwortet. Dieser selbe Fehler macht sich auch in der Wissenschaft breit, und die *Davissche* Schule erhebt ihn zum Grundsatz. Man kann lange Abhandlungen und Bücher lesen, ohne daraus entnehmen zu können, wie die Dinge eigentlich aussehen. Die Beschreibung, d. h. die Wiedergabe der Tatsachen, kann, in der analytischen Darstellung, am Anfange oder, in der synthetischen Darstellung, als Ergebnis des Werdens und Krönung des Lehrgebäudes am Schlusse stehen, darf aber nicht fehlen. Sie darf sich nicht in Kleinigkeiten und Nebensachen zersplittern, wie es in älteren geographischen Darstellungen und den Arbeiten von Laien oft der Fall ist, sondern muß das Wesentliche treffen und muß anschaulich sein, so daß die Form des Landes deutlich vor dem geistigen Auge steht und auch die weniger sichtbaren, aber wegen ihrer Wirkungen wichtigen Eigenschaften klar erfaßt werden. Die wissenschaftlichen Ausdrucksmittel sind immer daraufhin zu prüfen, ob sie diesen Anforderungen genügen. Bei den Beschreibungen nach der *Davisschen* Methode scheint mir das nicht der Fall zu sein. Nicht nur daß der in den Kleinformen begründete Baustil der Landschaft nicht zum Ausdrucke kommt, wird auch der Bauplan nur in einfacheren Fällen deutlich. Die Bezeichnung nach dem Alter entbehrt allerdings einer gewissen Anschaulichkeit nicht — sie hat nur den kleinen Fehler, daß sie falsch ist —; aber durch die hypothetischen Fastebenen und die imaginären Zyklen geht die Anschaulichkeit verloren. Man sehe einmal zu, ob man aus *Brauns* Buch über Deutschland, das als die länderkundliche Probe auf die *Davissche* Darstellungsweise angesehen werden kann, eine

deutliche Vorstellung etwa von den deutschen Stufenlandschaften gewinnt.

Erst die zweite Aufgabe ist die Erklärung, d. h. die Darlegung der Ursachen. Alle Formen sind geworden. Zwar gehören die meisten Kleinformen wahrscheinlich der Gegenwart an; aber die Großformen stammen aus der geologischen Vergangenheit und zeigen tektonische und klimatische Entwicklung. Nun läßt sich jede Entwicklung am leichtesten in geschichtlicher Erzählung nachbilden. Sie ist mit Recht die Darstellungsform der historischen Geologie oder Erdgeschichte; denn sie zeigt, wie die verschiedenen endogenen und exogenen Vorgänge verbunden sind oder zeitlich wechseln, und wie sich daraus die Entwicklung ergibt. Als die Geographie vor einigen Jahrzehnten von rein beschreibender zu erklärender oder genetischer Auffassung überging, hat auch sie oft das Wesen der genetischen Darstellung in geologischer Erzählung gesehen und die geologische Entwicklung der Landschaften in ihre länderkundlichen Darstellungen aufgenommen, wie ja vielen Geographen auch die genetische Auffassung der Völker, Staaten, Ansiedlungen usw. ohne geschichtliche Erzählung unmöglich erscheint. Dadurch verwischt man aber die Grenze der beiden Wissenschaften. Abgesehen davon, daß die Geographie dabei Forschungsergebnisse der Geologie übernehmen muß, auch abgesehen davon, daß die geologische Entwicklung in vielen Fällen noch sehr zweifelhaft ist, und daß so, oft ohne Not, Unsicherheit in die geographische Darstellung kommt, hat die Entwicklung als solche auch kein geographisches Interesse. Für die Auffassung der heutigen Beschaffenheit einer Gegend ist es gleichgültig, ob gewisse Schiefer devonisch oder kambrisch, ob der Buntsandstein und der Keuper marinen oder festländischen Ursprunges sind; geographisch wichtig ist nur das Vorhandensein eines mächtigen Schichtenkomplexes von bestimmter Beschaffenheit. In diesem methodischen Grundsatz, daß die Geographie nicht in geologische Erzählung auslaufen dürfe, sind *Davis*¹⁾ und ich einig. Aber weiterhin gehen unsere Wege auseinander. Er meint, der Entwicklung der Formen durch die Bestimmung ihres Alters und des Zyklus, in dem sie sich befinden, Herr zu werden; ich glaube, daß er sich darin einer Täuschung hingibt, weil seine Theorie des Alters und des Zyklus fehlerhaft ist. Genetische Auffassung ohne geologische Erzählung muß vom inneren Bau ausgehen, ihn aber als gegebene Tatsache hinnehmen und die ursächliche Betrachtung bei seiner Umbildung durch die Kräfte der Oberfläche einsetzen lassen.

1) Erklärende Beschreibung. Vorrede S. VII f.

Jede Beschreibung muß mit gattungsbegrifflichen Bezeichnungen oder, anders ausgedrückt, mit einer Klassifikation der Erscheinungen arbeiten. Sind die Gattungsbegriffe bei gewöhnlicher (elementarer) Beschreibung künstlich, d. h. nur auf Grund einzelner Merkmale gebildet, so treten an ihre Stelle weiterhin Typen, die zwar noch beschreibend sind, aber sämtliche Eigenschaften umfassen und dadurch die Grundlage genetischer Auffassung bilden, und schließlich eigentlich genetische, auf die Verschiedenheit der Bildungsvorgänge begründete Gattungsbegriffe (vgl. S. 147f.).

Die geographische Formenlehre wird immer auch darauf bedacht sein müssen, daß ihre Gattungsbegriffe auf die für verschiedene Länder und Landschaften charakteristischen Eigenschaften begründet werden. Sie müssen aus dem inneren Bau der Länder oder aus ihrem Klima samt ihrer Wasserführung und Pflanzendecke herausgewachsen sein und die Oberflächenformen an die eine oder die andere dieser Bedingungsreihen anknüpfen. Nur dann kann man alle Formen einer Gegend zu einem Formenschatze vereinigen, der ihr eigentümlich ist und sie von anderen Gegenden unterscheidet. Auch nur dann wird man in der Klassifikation der Oberflächenformen das Mittel zu vergleichender Auffassung ihrer Verbreitung über die Erde gewinnen.

3. Die Terminologie.

Jede Wissenschaft hat das Bedürfnis nach technischen Ausdrücken, mit deren Hilfe sie die Erscheinungen kurz und doch deutlich bezeichnen kann. Wenn sich dies Bedürfnis jetzt in der Morphologie der festen Erdoberfläche stark kundgibt, so ist das ein erfreuliches Zeichen für ihre kräftige wissenschaftliche Entwicklung. Aber Terminologie kann auch übertrieben werden. Sie ist ein Hilfsmittel einer abgekürzten, Zeit sparenden Verständigung: die technischen Ausdrücke sollen einen Begriff, den man sonst umständlich beschreiben müßte, in einem oder in wenigen Worten bezeichnen. Aber dazu müssen sie gelernt werden. Ihre Anwendung lohnt sich darum nur, wenn der Begriff häufig wiederkehrt. Selten wiederkehrende technische Ausdrücke sind mehr ein Ballast als eine Erleichterung.

Ich sehe hier von einer Erörterung der allen Teilen der Geographie¹⁾ und überhaupt der Wissenschaft gemeinsamen Anforderungen an die Terminologie: die übertriebene Rücksicht auf die Priorität der Erfindung eines Ausdrucks, internationale oder nationale Verständlichkeit, sprachliche Richtigkeit, die gerade in der Morphologie manchmal

1) Vgl. mein Buch: Die Geographie, Leipzig 1927, S. 388ff.

sehr zu wünschen übrig läßt, Deutlichkeit und Reinheit, ab und beschränke mich auf die der Morphologie eigentümlichen Gesichtspunkte.

Früher hat man den morphologischen Begriffen oft auch hydrographische Bedeutung untergelegt, weil man die Oberflächenformen als gegeben ansah und die Flußläufe und Wasserscheiden in sie hineinlegte. So hat man den ganzen Lauf eines Flusses als sein Tal, sein ganzes Gebiet als sein Becken (*Basin*) bezeichnet und dadurch diese morphologischen Ausdrücke entwertet. Dem Worte „Paß“ hat man zugleich morphologische und verkehrsgeographische Bedeutung beigelegt, obgleich es auch Einsattelungen der Kämme oder Bergjoche, die von keinem Wege benutzt werden, und andererseits Straßenpässe gibt, die keine Einsattelungen des Kammes, sondern Talengen sind; man sollte den Ausdruck Paß entweder ganz der Morphologie oder, zweckmäßiger, der Verkehrsgeographie überlassen.

Später hat man oft morphologische und tektonische Begriffe und Ausdrücke verquickt. Die Morphologie muß auf die Tektonik zurückgreifen, weil die Oberflächenformen in hohem Grade davon abhängen; sie muß sich dabei aber bewußt bleiben, daß der innere Bau in den seltensten Fällen unversehrt, meist vielmehr durch die oberflächlichen Vorgänge stark umgebildet ist, daß also mit dem tektonischen Ausdrucke die Form unvollständig bezeichnet wird. Andererseits übernimmt die Geologie, wie schon früher die Bergmannssprache, Formbezeichnungen, wie Mulde, Sattel, Gewölbe, Graben, Horst u. a., um den inneren Bau zu bezeichnen. Auch dieser Gebrauch ist zunächst berechtigt gewesen, hat aber mit der Zeit zu Widersprüchen geführt. Tektonische Gewölbe oder Sättel sind oft Täler, tektonische Mulden dagegen Kämme; Horste können Einsenkungen, Gräben Aufragungen sein. Man sollte die Formbezeichnungen auf die Fälle beschränken, in denen die äußere Form den inneren Bau widerspiegelt, also beispielsweise der tektonische Graben wirklich noch eine grabenartige Einsenkung ist, für den rein tektonischen Gebrauch aber andere Ausdrücke, z. B. die griechischen Ausdrücke Antiklinale, Synklinale usw., oder Ausdrücke, wie Schichtenversenkung und dgl., wählen. Bei alt eingewurzelten Ausdrücken wird sich der Übelstand schwer mit einem Male abstellen lassen; aber bei Neubildungen sollte man vorsichtig sein! Es ist ein Widersinn, wenn *Branco* Tuffberge als Maare bezeichnet, weil sie aus der Umbildung von Maaren hervorgegangen sind.

Die üblichen Bezeichnungen der Oberflächenformen haben verschiedenen Ursprung. Eine Anzahl stammt aus dem täglichen Leben:

manche Oberflächenformen spielen im Leben eine so große Rolle und heben sich so deutlich ab, daß die Sprache schon früh besondere Ausdrücke dafür geschaffen hat. In anderen Fällen hat sich das Bedürfnis einer Bezeichnung erst spät eingestellt, die Sprache hat keinen besonderen Ausdruck geschaffen, sondern bedient sich des Vergleiches mit ähnlich geformten Gegenständen. Auf diese Weise sind Ausdrücke wie Mulde, Becken, Wanne, Trog, Graben, Horst, Sattel, Trichtermündung, Delta und viele andere in die Wissenschaft gekommen. Wieder in anderen Fällen wird ein Name, der ursprünglich nur einer einzelnen Gegend unseres Vaterlandes oder einem fremden Lande angehört hat, in die wissenschaftliche Terminologie übernommen. Solche Ausdrücke sind z. B. Haff, Klamm, Fjord, Ria, Liman, Cañon, Caldera u. a., die sich seit langem eingebürgert haben, oder Playa, Bolson, Cuesta und manche andere, die neuerdings aufgestellt worden sind. In einzelnen Fällen hat man auch Individualnamen allgemeine Bedeutung zu geben versucht; eines der bekanntesten Beispiele dafür ist das Wort Mäander; ein anderes Monadnock, wie *Davis* eine bestimmte Form von Bergen nach einem Beispiel aus Neu-England genannt hat. Mit beiden Arten von Namen sollte man zurückhaltender sein; denn sie sind eine große, oft unnütze Belastung des Gedächtnisses. Besonders empfindlich ist es, wenn diese neuen Ausdrücke, wie die genannten spanischen Ausdrücke, ihrer wirklichen Bedeutung nicht entsprechen: *Playa* ist Strand, *Cuesta* Abhang; man muß die Sprache können, der man Ausdrücke entnimmt.

Alle diese Ausdrücke beziehen sich zunächst auf die äußere Erscheinung und dienen der Beschreibung, sagen nichts über die Entstehung aus und sind meist auch ziemlich unbestimmt. Die Wissenschaft, die einer strengen, alle Verwechslungen ausschließenden Ausdrucksweise bedarf, muß sie bestimmter fassen und, je nachdem, ihre Bedeutung einengen oder erweitern. Manche Geographen, namentlich Militärgeographen wie *Neuber*, meinen, daß man dabei durchaus auf dem Boden der Beschreibung bleiben müsse, daß orographische Bezeichnungen keine genetische Bedeutung haben dürften. Aber die Allgemeinbegriffe einer natürlichen Klassifikation bekommen ganz von selbst auch genetische Bedeutung (vgl. S. 148). Das Ziel terminologischer Umbildung wird daher immer sein, die Ausdrücke so zu definieren, daß sie nicht bloß unzweideutig eine bestimmte Form bezeichnen, sondern auch einer bestimmten Entstehung entsprechen. Allerdings können verschiedene Bildungsursachen sehr ähnliche, konvergente, Formen erzeugen; ob aber wirklich gleiche Formen, ist zweifelhaft. Die Forschung muß die der verschiedenen Entstehung ent-

sprechenden Merkmale zu erkennen suchen und in die Beschreibung und Bezeichnung der Formen aufzunehmen.

Wenn im allgemeinen die Terminologie wie die Begriffsbildung von der Beschreibung ausgeht und erst nachträglich genetische Bedeutung gewinnt, so kann sie doch auch von vornherein auf die Entstehung begründet werden. Hierher gehören z. B. *Powells* Unterscheidung der Täler in antezedente und konsequente oder auch *Spethmanns* Ausdruck Härtling für isolierte Berge, die durch die Härte des Gesteins der Zerstörung Widerstand geleistet haben sollen. Man kann nicht sagen, daß alle diese Ausdrücke die Probe der Richtigkeit bestanden hätten. Am systematischsten ist die genetische Terminologie von *Davis* und seiner Schule im Anschluß an ihre deduktive Betrachtung ausgebildet worden, und sie hat mit ihr Schiffbruch erlitten.

Die genetische Terminologie in der Morphologie muß, wie die Klassifikation (s. S. 150f.), der Entstehung aus dem Zusammenwirken von innerem Bau und oberflächlicher Umbildung Rechnung tragen und daher immer zwei- oder mehrgliedrig (binomisch) sein. Die Terminologie des inneren Baus braucht für die Geographie nur beschreibend zu sein; auch wo die Geologie genetische Bezeichnungen möglich macht, sind sie der Geographie ziemlich gleichgültig, weil es sie nicht interessiert, wie die Formen der geologischen Vergangenheit, z. B. die Rumpfflächen der Permo-Karbonzeit, entstanden sind. In den meisten Fällen liegt eine verwickelte Bildungsgeschichte vor, und die Terminologie muß sich ebensowohl auf die Art der letzten großen Dislokationen wie auf die Ergebnisse der Vorgeschichte beziehen. So genügt es nicht, wenn man ein Stück der Erdrinde als Scholle bezeichnet, sondern muß hinzufügen, ob es eine Tafel- oder Rumpf- oder Faltungsscholle ist, und muß auch die Gesteinszusammensetzung angeben. Dagegen erfordern die umbildenden Vorgänge eine genetische Terminologie, die in erster Linie auf die Stellung in den großen Systemen der Umlagerung, danach auf die Art der Verwitterung und Denudation, und erst an letzter Stelle auf das Alter, d. h. die Dauer der oberflächlichen Umbildung, zu begründen ist.

Es ist kaum möglich und zweckmäßig, wie *Passarge* es tut, für die Gebilde jeden Vorganges einen besonderen Ausdruck zu prägen, der leicht ein Wortungetüm wird. Besser gibt man eine Beschreibung, die das Wesentliche in kurzen Sätzen enthält. Der Hauptteil Schwabens ist eine sanft geneigte, von Verwerfungen wenig betroffene Tafel, die dank dem starken Gesteinswechsel in eine Stufenlandschaft zerlegt worden ist. Ein Gebirge wie den Odenwald kann man als eine schwach geneigte Transgressionsscholle bestimmen, in der durch die starke

Abtragung im vorderen Teile eine Zweiteilung in einen Faltenrumpf und eine Sandsteintafel entstanden ist, und bei der beide Teile durch die Flußerosion in Tallandschaften verwandelt worden sind. Beim Schwarzwald würde man die größere Höhe und die glaziale Umbildung der höheren Teile betonen. Das Alter scheint bei diesen Gebirgen keine wesentliche Rolle zu spielen; es ist nur hervorzuheben, wenn die Talterrassen größere Bedeutung gewinnen und sich größere Einebnungen an sie anschließen. Auch das Klima der Vergangenheit und das Verhältnis zum Meere können in die kurze Beschreibung eintreten: die norwegische Westküste ist der Abfall eines alten gehobenen Rumpfes, dessen durch die Flüsse eingeschnittene Täler wahrscheinlich wiederholt vergletschert gewesen und dann unter den Meeresspiegel getaucht und in Fjorde verwandelt worden sind.

Es bedarf keiner weiteren Beispiele; es sollte hier nur gezeigt werden, wie man durch diese Art der Terminologie zu einer die Hauptmerkmale einer Landschaft auffassenden Bezeichnung gelangen kann, die, einerseits an den inneren Bau, andererseits an die regionale Verschiedenheit des Klimas in Gegenwart und Vergangenheit anknüpfend, von vornherein auch die geographische Verteilung der Oberflächenformen zeigt, während die auf das Alter begründeten oder rein beschreibenden Bezeichnungen darüber nichts aussagen. Umfassende Klassifikation der Oberflächenformen liegt außerhalb des Bereiches dieser Ausführungen.

4. Die Orometrie.

Morphologische Beschreibungen sollen nach Möglichkeit auch die Höhen und Höhenunterschiede und Neigungswinkel angeben. Ihre Darstellung einerseits durch Höhenlinien (Isohypsen), andererseits durch Schraffur oder Schummerung ist eine Hauptaufgabe der Karte. Für die sprachliche Beschreibung dagegen ist die Anhäufung von Zahlenwerten ein Ballast; sie kann nur einzelne ausgewählte, besonders charakteristische Zahlen geben. Aber es liegt nahe zu versuchen, ob sich nicht der Gesamtcharakter der Landschaft in Zahlen ausdrücken läßt. Der in der analytischen Geometrie durchgeführte Gedanke, geometrische Gebilde arithmetisch auszudrücken, findet in der Orometrie und Paralometrie oder allgemein der Morphometrie Nachahmung; aber sie suchen das Problem nicht durch Berechnung von Kurven, was bei der Unregelmäßigkeit aller Berglinien unmöglich wäre, sondern von Mittelwerten, nämlich der mittleren Höhe der Gipfel, Pässe, Kämme, der ganzen Gebirge und Gebirgsgruppen sowie der mittleren Gefällswinkel, zu leisten. Man will dadurch die reinen,

von zufälligen Störungen befreiten Oberflächenformen herstellen, um sie vergleichender Betrachtung unterziehen zu können. Der Gedanke stammt von *Humboldt*, der die mittlere Höhe der Kontinente berechnete. *Sonklar* und viele andere haben sich weitere Aufgaben gestellt und die Methoden der Berechnung mit großem Scharfsinn ausgebildet. Aber sie haben die Bedeutung der Mittelwerte wohl zu sehr als selbstverständlich angenommen. Die mittlere Höhe der Kontinente oder größerer Gebirge und Gebirgsstücke dient der Berechnung ihrer Masse und hat darum geophysikalische und geotektonische Bedeutung; aber was besagen die mittleren Höhen der Kämme, Gipfel, Pässe oder die mittleren Gefällswinkel? Sie sind in der Natur nirgends vorhanden und sind auch keine Idealwerte, denen gegenüber die wirklichen Werte Störungserscheinungen wären. Wir können uns keine Kräfte denken, die auf die Herstellung der Mittelwerte hingearbeitet hätten. Die genetische Betrachtung der festen Erdoberfläche kann nichts mit ihnen anfangen; ich habe nie gefunden, daß sie in solchen eine Rolle spielten. Ebenso wenig Wert haben sie für siedelungs- und verkehrsgeographische Betrachtungen. Der Mensch wohnt nicht auf einer mittleren Gebirgshöhe, sondern in den Tälern und auf den Bergen. Für die Straßen kommt es auf die wirklichen und nicht auf die mittleren Paßhöhen an, die sich aus einer Anzahl von Pässen ungefähr gleicher Höhe, aber ebenso gut aus Pässen von ganz verschiedener Höhe zusammensetzen können. Viel Rechenarbeit ist umsonst geleistet worden.

5. Morphologische Karten.

Sind die geologischen Karten die unentbehrliche Grundlage morphologischer Studien, so ist es doch unter Umständen zweckmäßig, die einzelnen Eigenschaften des Gesteins: Härte oder Festigkeit, Durchlässigkeit, Löslichkeit, Zersetzbarkeit u. a., sowie auch die von den anderen Naturreichen, z. B. der Pflanzendecke, ausgehenden Einflüsse jeden für sich aufzufassen und in seiner Verbreitung darzustellen. Auf den Nutzen solcher Karten, wenigstens in typischen Beispielen, hat besonders *Passarge* hingewiesen, und in einer Bearbeitung des Meßtischblattes Stadtrenda (in Thüringen, südlich von Weimar) hat er ein Beispiel dazu gegeben. Ähnliche Karten sind später für den Schützengrabenkrieg viel gezeichnet worden. Leider hat sich *Passarge* über die Methode der Aufnahmen nicht ausgesprochen. Es wird im allgemeinen kaum möglich sein, die genannten Eigenschaften überall unmittelbar aus dem Gelände zu entnehmen, sondern man wird sie nur in einzelnen Profilen feststellen können und auf Grund der geo-

logischen Karte über die Fläche ausbreiten. Dann besteht aber immer die Gefahr, daß man kleine, jedoch für die Eigenschaften bedeutungsvolle fazielle Unterschiede des Gesteins übersieht und dadurch die Eigenschaften einer Örtlichkeit falsch beurteilt; ich weiß, daß im Kriege dieser Fehler vorgekommen ist. Solche Karten lassen sich schon des Kostenpunktes wegen nur in beschränkter Zahl zeichnen oder wenigstens veröffentlichen; aber in Stichproben als Grundlage weiterer morphologischer Untersuchungen sind sie sicher empfehlenswert.

Auch die umbildenden Vorgänge selbst können kartographisch dargestellt werden. Natürlich kommen sie hier nur soweit in Betracht, als man sie unmittelbar beobachtet und nicht aus den Formen oder der Bodenbeschaffenheit erschließt. Neben den großen Vorgängen: Felsstürzen, Erdbeben u. dergl., oder der Arbeit des Wassers bei Hoch- und Niederwasser können auch die kleineren Vorgänge der Verwitterung und Bodenbewegung, z. B. der Ab- und Ausspülung oder des Kriechens nach den von *Götzinger* angegebenen Methoden beobachtet und unmittelbar in ihrer Verbreitung auf der Karte dargestellt werden. Solche Karten lassen sich sowohl in großem Maßstabe wie als Übersichtskarten ganzer Länder, ja der Erde, dann natürlich nur aus Stichproben entnommen, zeichnen. Zum Vergleiche dienen auch Bodenkarten, weil die Bodenbildung mit der Gestaltung der Formen Hand in Hand geht und man daraus manche Eigenschaften des Gesteins und Klimas und die Art der Vorgänge ablesen kann. *Passarge* hat seinem morphologischen Atlas mit Recht eine Bodenkarte beigegeben.

Schon die gewöhnliche topographische Karte mit ihrer Geländedarstellung in Höhenlinien oder Schraffen (bzw. Schummerung) und ergänzenden Signaturen ist bis zu einem gewissen Grade eine Formenkarte; aber wenn auch die neueren Karten, zuerst wohl die schönen Karten des deutsch-österreichischen Alpenvereins, weniger schematisch gezeichnet sind als die meisten älteren und sich bemühen, neben der Höhe und der Böschung des Geländes auch die Formen zum Ausdruck zu bringen, so kommt doch die Art der Formen nur unvollkommen heraus.

Darum haben neben den gewöhnlichen topographischen Karten besondere morphologische Karten¹⁾ ein Recht, deren Aufgabe es ist, die Formen als solche zur Darstellung zu bringen. Sie können in

1) Vgl. *Machatschek* i. d. Kartogr. Zeitschr. 1917 S. 1 ff., *Creutzburg* in Pet. Mitt. 1925, *H. Weber* in Pet. Mitt. 1924 S. 71 f., *R. Mayer*, Zeitschr. f. Geomorphologie 1926, S. 160 ff.

den verschiedensten Maßstäben gezeichnet werden; aber sie müssen von der Beobachtung ausgehen und dürfen nur beobachtete, wenn auch gedanklich verarbeitete Tatsachen darstellen.

Auf morphologischen Spezialkarten, die auf der Grundlage von Meßtischblättern oder Generalstabkarten gezeichnet werden, kann man die Verbreitung bestimmter Formen, z. B. der Erdpyramiden, Höhlen, Felssäulen, Blockmeere, Kare und Felskessel, Terrassen, Delen, Regenrisse usw. darstellen und sich so ein gutes Hilfsmittel der analytischen Untersuchung schaffen. Eine höhere Aufgabe aber besteht darin, den ganzen Formenschatz der Gegend zur Darstellung zu bringen, wobei man verschiedene in Gesellschaft vorkommende Formen in einer Signatur zusammenfassen kann. Es ist das der gedankliche Prozeß der Typenbildung, angewandt auf den gesamten Charakter der Landschaft. Neben der Darstellung der Böschungsverhältnisse handelt es sich um den Formenschatz, der den Baustil ausmacht. In dieser Richtung bewegen sich die Karten von *Gehme*, *Behrmann*, *Passarge*, *Machatschek*, *Rathjens* und neuerdings manchen anderen, die allerdings manchmal statt der beobachteten Formen theoretische Vorstellungen bringen. Statt der Karten genügen, namentlich bei tafelartiger Lagerung der Schichten, Profile.

Auf morphologischen Übersichtskarten muß man noch mehr generalisieren; ganze Gegenden treten hier, jede mit ihrem besonderen Formenschatz, nebeneinander. Solche Karten, wie sie zur Erläuterung länderkundlicher Darstellungen sehr wichtig und schon vielfach gezeichnet worden sind, können nur die allgemeinsten Typen enthalten; Landstufen und Ebenheiten oder Bergzüge bestimmter Art treten uns auf ihnen deutlicher entgegen als auf der gewöhnlichen topographischen Karte. Wenn das Gebiet sowohl tektonische wie klimatische Unterschiede zeigt, wird man sich einer zweigliederigen Darstellungsweise bedienen, etwa indem man die Unterschiede in der Art der oberflächlichen Umbildung durch Farben, die Unterschiede der tektonischen Grundlage durch Schraffen ausdrückt.

Diesen Karten, die auf unmittelbarer Beobachtung und deren geistiger Verarbeitung beruhen, Tatsachen, wenn auch generalisiert, durch Konstruktion ergänzt und zu Typen verbunden, darstellen, stellt *Machatschek* andere gegenüber, die die morphologischen Vorstellungen des Verfassers zur Anschauung bringen. Bei den Karten, die er als Beispiele anführt, kommt es in der Hauptsache auf die Unterscheidung von Altersstufen und die Ausscheidung von Fastebenen verschiedenen Alters hinaus; es sind also kartographische Darstellungen subjektiver genetischer Vorstellungen auf Grund der *Davisschen*

Theorie. Karten gleichen methodischen Charakters können aber natürlich auch aus anderen theoretischen Vorstellungen heraus entworfen werden, wie z. B. *Passarge* gewisse Böden als periglazial einträgt. Man kann solche Karten nicht grundsätzlich verwerfen; denn die Kartenzeichnung zwingt zu größerer Vollständigkeit der Beobachtung und liefert die Grundlage für eine vergleichende Untersuchung. Aber in ihrer Veröffentlichung muß man Zurückhaltung üben; man darf nicht vergessen, daß die Karte mit der Bestimmtheit ihrer Darstellung leicht als objektiv richtig empfunden, daß das Hypothetische daran vergessen wird. In einer Spezialuntersuchung, die sich an den Fachmann wendet, darf man mit hypothetischen Auffassungen weiter gehen als in Darstellungen, die für einen weiteren unkritischen Leserkreis bestimmt sind; eine Karte wie *Brauns* morphologische Übersichtskarte von Deutschland muß Schaden anrichten.

6. Bilder und Ansichten.

Perspektivische Ansichten bekommen wir heute besonders durch die Photographie. Natürlich kann im allgemeinen nur der Fachmann das Objekt und den Standpunkt der photographischen Aufnahme so auswählen, daß sie wissenschaftlichen Wert hat. Aber alle Photographien als unmittelbare Abbilder der Wirklichkeit leiden unter einer Überfülle von unwesentlichen Einzelheiten, und das, was sie zeigen sollen, wird oft durch fremdartige Dinge, wie Pflanzendecke oder Ansedelungen, überwuchert. Darum behält daneben die Zeichnung ihren Wert; sie ist eine Zeit lang wohl zu sehr vernachlässigt worden. Wissenschaftlich-morphologische Zeichnungen von großer Vollkommenheit aus den Kordilleren des amerikanischen Westens, wo den Aufnahmen berufsmäßige Zeichner beigegeben waren, und wo auch die Nacktheit des Bodens die anatomische Bergzeichnung begünstigt, finden sich in den Veröffentlichungen der *Geological Survey*. Wegen der äußeren Schwierigkeiten noch bewunderswerter sind *Alphons Stübels* Zeichnungen der Vulkane von Ecuador und Columbien.

Der Begleiter *Haydens*, *Holmes*, dem wir besonders schöne Ansichten verdanken, ist wohl auch der Erfinder der Blockdiagramme, d. h. der Zeichnung quadratischer oder doch rechteckiger Ausschnitte aus der Landschaft, bei der vorn und an der Seite die geologische Struktur als Profil eingezeichnet wird¹⁾. Diese Blockdiagramme sind später von *Davis* übernommen und durch ihn populär geworden. Neu ist bei

1) Vgl. z. B. IX. *Annual Report of U. St. Geological and Geographical Survey of the Territories (Colorado etc.)* for 1875, plate 36 und 42.

ihm, daß er neben den Blockdiagrammen wirklicher Gegenden auch, und zwar viel zahlreicher, schematische Blockdiagramme von Landschaften zeichnet, wie er sie sich auf Grund seiner theoretischen Ansichten entstanden denkt. Von ihnen gilt dasselbe wie von den auf Grund genetischer Vorstellungen gezeichneten morphologischen Karten. Sie bestechen durch die Meisterschaft der Zeichnung und haben vielleicht mehr als etwas anderes beigetragen, seiner Lehre in weiten Kreisen Eingang zu verschaffen. *Davis* meint, der Anfänger könne die Morphologie nur aus solchen schematischen Zeichnungen verstehen lernen; wenn man ihm topographische Karten in die Hand gebe, so sei es dasselbe, wie wenn man das Kind an den Geschäftsbüchern einer großen Firma rechnen lernen lasse; der Vergleich der Schemata mit der Wirklichkeit sowohl auf Karten und Bildern wie in der Natur dürfe erst folgen. Darum hat er für den Unterricht in der Morphologie einen besonderen Atlas herausgegeben, der in deutscher Ausgabe von *Österreich* bearbeitet worden ist. Bis zu einem gewissen Grade ist das richtig: die größere Einfachheit erleichtert das Verständnis; man hat sich ja schon immer, wenn auch nicht in so ausgedehnter und vollkommener Weise, vereinfachter Zeichnungen bedient. Aber das intensive Studium der Zeichnungen, das dem unmittelbaren Studium der Natur vorausgeht, führt leicht an dieser vorbei, namentlich wenn die Zeichnung nicht nur eine Vereinfachung, eine Abstraktion von der Wirklichkeit ist, sondern genetische Gedanken in sie hineinlegt. *Davis'* Zeichnungen sind seiner Gedankenwelt entnommen, geben das Bild der Oberfläche, wie er sie sich entstanden denkt. Von ihnen gilt darum dasselbe wie von seiner Darstellungsmethode: sie stehen und fallen mit der Richtigkeit seiner deduktiv gewonnenen theoretischen Vorstellungen. Der Anhänger der orthodoxen Lehre nimmt sie gläubig hin, wir anderen stehen manchen von ihnen skeptisch gegenüber und halten sie für pädagogisch bedenklich. Gerade die Bestimmtheit der Zeichnung, die sich den Sinnen viel mehr einprägt und viel fester im Gedächtnis haftet als das gesprochene Wort, macht sie, wenn sie falsch sind, besonders gefährlich.

Sachregister.

- Abdachungstäler** 62
Abfluß zum Meere, Gebiete mit und ohne 131f.
Ablagerungen am Fuße des Gebirges 94f.
Abrasion 82
Abtragung, Zunahme mit der Höhe 77
Aktualismus 140
Alpine Formen 102
Alter, geologisches 45. 48. 105
 —, morphologisches 46. 48. 68. 100. 108f. 138. 144f. 160
Analyse der Formen 16ff.
Angriffsküsten 137
Ansichten, perspektivische 173
Arides Klima 128
Ausspülung 17

Bau, innerer 106f. 151f.
Bauplan der Gebirge 96ff.
Baustil der Gebirge 100ff.
Beschreibung 5f. 13. 163f.
 —, erklärende 8f.
Bilder 173
Bildungsvorgänge 17
Blockdiagramme 173
Bodenbeschaffenheit 15
Bodenbewegungen 17
Bodenfluß 22
Bodenkarten 171
Bodenkunde 3
Bodenschub 17

Bodenversetzungen 17
Buchtküsten 137f.

Cañons 57f.

Darstellung, Methode der 162ff.
Davissche Theorie und Methode 8f. 13. 46ff. 82ff. 90ff. 108ff. 114ff. 144f. 160ff. 180
Deduktion 8f. 56. 66f. 158ff.
Dellen 17f. 74
Deltas 137
Denudationsterrassen 38f.
Denudationsniveau, unteres 82
Dichte des Talnetzes 68
Dislokationen 118
Dislokationstäler 62
Dolinen 65
Durchbruchs- oder Durchgangstäler 25, 64

Ebenheiten 72
Einebnungen, örtliche 78ff.
 — der Karstgebiete 79f.
Einebnung während der Hebung 87. 109f.
Eingeborene Formen 127
Eingriffsküsten 137
Einsattelungen 98
Eintagsflüsse 134
Eiszeit und ihre Gebilde 121f. 130f.

Entwicklung, aufsteigende 36
 —, absteigende 36
Entwicklung der Landoberfläche 111ff. 140
Entwicklungsstufen und Entwicklungsreihen 45. 111
Epirogenetische Bewegungen 108. 113f.
Erklärung 6f. 13. 164
Erosion, Wesen und Eigenschaften der 28ff.
 —, mittelbare und unmittlere 30. 65
 — nach der Tiefe und nach der Seite 30f.
 —, rückwärts einschneidende 65
Erosionsbasis 33
Erosionsnatur der Täler 26f.
Erosionsterminante 32
Erosionsterrassen 39ff.
Erosionsvorgang 29f.
Esplanade im Colorado-cañon 72

Fastebene 43. 83ff. 70. 116
Fastebenen, Merkmale der Rekonstruktion 90ff.
Felsküsten, glatte 137
Felsplatten 79
 — von bestimmtem klimatischem Niveau 79
 — der Zentralgebiete 80
Felsterrassen 37
Fernling 99
Firnklima 128

Fjord 135
 Flußlose Landschaften 134
 Flußwindungen 34
 Fluviatile Landschaften 131
 Formelemente 148
 Formen, ortsfremde 127
 —, ortsständige 127
 Formenlehre 1ff.
 Formenschatz 100. 146ff.
 Forschung, Methode der 156
 Fremdlingformen 127

 Gebirge, Umgestaltung der 97
 Gebirgsränder, Methode der 94f.
 Gefällsbruch 79
 Gehängeknicke 115
 Gekriech 17
 Genetische Typen 147f.
 Geographie 1f.
 Geologie 2f.
 Geologische Erzählung 164
 — Formationen 105
 — Karten 106
 — Profile 172
 Geometrische Auffassung 56
 Geschichte der Morphologie 7f. 139ff.
 Gestein 18ff. 103ff.
 Gesteinsaufbereitung 17
 Gipfel 98
 Gipfelflur 92
 Glaziale Bodengestaltung 101f.
 — Umlagerung 129ff.
 Gleichgewichtsprofil 32. 50f.
 Gletscher und Gletschererosion 61. 129f.
 Gliederung, Abhängigkeit von Talnetz und Widerständigkeit des Gesteins 99
 —, Intensität der 98

Gliederungsformen 148
 Greisenhaftigkeit 51
 Großformen 148

 Hängetäler 60
 Hangprofil 36, 51f.
 Härtling 98
 Hebungen 42. 108. 113. 117
 Heimatformen 127
 Heterogene Landschaften 112
 Hochflächen, zerschnittene 44
 Hochgebirgsformen 100
 Hog Backs 75
 Höhenklima 20
 Hohlformen 148
 Homogene Landschaften 112
 Humides Klima 128
 Hydrodynamik 28

 Induktion und induktive Untersuchung 8. 67. 158ff.
 Ineinanderschaltung verschiedener Formen 23f.
 Inselberge und Inselberglandschaften 80f.
 Inversion der Formen 93f.
 Isostasie 117

 Kalkgebiete 98
 Kappung der Schichtentafeln 77
 Karplatten 79
 Kare 101
 Karstlandschaften 79f. 131f.
 Karte 47. 170
 —, geologische 106
 —, morphologische 55. 170ff.
 Kartenstudium 157
 Katastrophen 140
 Kerbtäler 59
 Kettengebirge 96

Klammern 57f.
 Klassifikation 15. 147. 151f. 165
 Klassifikation der Formen der Landoberfläche 150ff.
 Kleinformen 111ff. 26. 148
 —, Abhängigkeit vom Klima der Vergangenheit 22f.
 Klima, Abhängigkeit der Kleinformen vom 20ff.
 — der Miozänzeit 124
 — der Tropen in der Quartärzeit 124
 Klimatische Entwicklung 113. 119ff.
 Kontinentale Plattformen 78f.
 Konvergenzformen 154
 Küsten 135ff.
 —, säkulare Hebungen und Senkungen der 136
 Küstentypen 136

 Landoberfläche 84. 96f.
 —, tektonische 96f.
 —, Abhängigkeit vom inneren Bau 103ff.
 Landschaft, Gesamtform der 150ff.
 Landterrassen 43. 70ff. 78
 —, Alter der 76f.
 Längsflüsse am Fuße der Landstufen 73
 Laterit 124
 Lebensalter s. Alter
 Löß und Lößlandschaften 121.

 Mäander 34. 94
 Massenverlagerung 17
 Mechanik der Vorgänge 15
 Methode von Davis 144
 — der Darstellung 162ff.
 — der Forschung 156ff.

- Mittelgebirgsformen 100
 Mittelwerte 169
 Monadnocks 98
 Moränen 130
 Morphologie 1ff.
 Morphologische Karten 55. 170ff.
 — Klassifikation 152f.
 — Wechselbeziehung d. Landschaften 126ff.
- Neptunistische Theorie 140
 Nivales Klima 128
- Oberflächengestaltung in verschiedenen Klimaten 101f.
 Oberflächliche Umbildung 153
 Orometrie 169f.
 Ortsfremde Formen 127
 Ortsständige Formen 127
- Paläogeographie 3
 Paralometrie 169
 Paß 170
 Penepplain s. Fastebene
 Periglaziale Gebiete 122f.
 Perioden der Aufschüttung 43
 — der Erosion 40. 114
 Photographien 13. 173
 Physiognomie der Gebirge 100
 Piedmontflächen 86
 Piedmöntreppen 86
 Plateaus 100f.
 Plutonistische Theorie 140
 Pluvialklima 123
 Poljen 79f.
 Profile 4f. 172
- Quertäler 94
- Rangordnung der Formen 148
 Reliefs 160f.
 Reliefenergie 98
- Rias 135
 Rumpfebene 84
 Rumpfebene, germanische 90
 Rumpfflächen 43. 63f. 81ff.
 —, fossile 85. 88
 —, junge 88ff.
 Rumpfgebirge 97f.
- Schnittflächen 70
 Schotterterrassen 37. 42f.
 Schwemmlandküsten 137
 Selbständige Oberflächenformen 148
 Senkungen 108. 117
 Sohlentäler 59f.
 Solifluktion 22
 Spalten 25
 Spaltentheorie der Täler 25ff.
 Spiel der Kräfte 16
 Sprachliche Darstellung 5f.
 Steppenklima 121
 Stockwerke der Landschaft 116
 Strandplatten 78f. 100
 Strandverschiebungen 136
 Struktur 106. 160
 Stufenlandschaften 70ff.
- Tafelgebirge 97f.
 Tal und Täler, Alter der 44ff.
 —, Begriff 27
 —, Entstehung 24ff.
 —, Form 56ff.
 —, Gefäll' oder Längsprofil 50f.
 —, Querprofil 51f.
 —, Richtung u. Anordnung 61ff.
 —, Verhältnis zum inneren Bau 53f.
 —, antezedente 64
- Tal und Täler, cañonartige 58
 —, diskordante 63f.
 —, epigenetische 63
 —, glaziale 60f.
 —, greisenhafte 51. 55
 —, konkordante 62
 —, konsequente 62
 —, nachträgliche 64f.
 —, rechtsinnige 62
 —, reife 51
 —, subsequente 65
 —, überlebende 64
 —, unechte 60f.
 —, widersinnige 63f.
 Talbildung, glaziale 60f.
 Talböden und Talsohlen 35. 51
 —, alte 37. 40f.
 Talhänge 51f.
 —, konkave 36
 —, konvexe 36
 Talmäander 35
 Talnetze 52f. 68f. 97
 Talsysteme 68
 Talterrassen 36ff. 60. 145
 Taltypen 56f.
 Tektonik 7. 151
 Tektonische Entwicklung 113ff.
 — Klassifikation 151
 — Oberfläche 107
 Terminologie 15. 165ff.
 Textur 68. 160f.
 Theorie 139
 Theorien über die Entstehung der Landoberfläche 139ff.
 Transportkraft der Flüsse 31
 Trockenklima 128
 Trogtäler 60
 Typen 56. 147f.
- U-täler 60
 Übertiefung 61
 Umkehr der Formen 93f.

- | | | |
|---|---|--|
| Umlagerung an der Erdoberfläche 126ff.
Umwandlungsreihen 46
Untersuchung, Methoden der 13ff.

V-täler 59
Verbiegungen 108. 113. 117
Vergleichende Methode 54. 156ff.
Verwitterung 17
Verwitterungsterrassen 38f. | Vollformen 148
Vorgang 160
Vorgänge an Küsten 36
Vulkanberge 99
Vulkanische Ausbrüche 118

Wadis 60. 134
Wasserführung 131
Widersinnige Flüsse in Stufenlandschaften 76
Widersinnigkeit der Täler, scheinbare und wirkliche 63ff. | Wind und Windwirkung 18. 134
Wüsten 102. 134
Wüstenklima 20f.
Wüstentäler 102

Zeitbestimmung, morphologische 44f. (vgl. Alter)
Zentrale Flüsse 133
Zentralgebiete 132
Zyklus und Zyklentheorie 40. 114f. 145. |
|---|---|--|

Sachregister.

- Abdachungstäler** 62
Abfluß zum Meere, Gebiete mit und ohne 131f.
Ablagerungen am Fuße des Gebirges 94f.
Abrasion 82
Abtragung, Zunahme mit der Höhe 77
Aktualismus 140
Alpine Formen 102
Alter, geologisches 45. 48. 105
 —, morphologisches 46. 48. 68. 100. 108f. 138. 144f. 160
Analyse der Formen 16ff.
Angriffsküsten 137
Ansichten, perspektivische 173
Arides Klima 128
Ausspülung 17

Bau, innerer 106f. 151f.
Bauplan der Gebirge 96ff.
Baustil der Gebirge 100ff.
Beschreibung 5f. 13. 163f.
 —, erklärende 8f.
Bilder 173
Bildungsvorgänge 17
Blockdiagramme 173
Bodenbeschaffenheit 15
Bodenbewegungen 17
Bodenfluß 22
Bödenkarten 171
Bödenkunde 3
Bodenschub 17

Bodenversetzungen 17
Buchtküsten 137f.

Cañons 57f.

Darstellung, Methode der 162ff.
Davissche Theorie und Methode 8f. 13. 46ff. 82ff. 90ff. 108ff. 114ff. 144f. 160ff. 180
Deduktion 8f. 56. 66f. 158ff.
Dellen 17f. 74
Deltas 137
Denudationsterrassen 38f.
Denudationsniveau, unteres 82
Dichte des Talnetzes 68
Dislokationen 118
Dislokationstäler 62
Dolinen 65
Durchbruchs- oder Durchgangstäler 25, 64

Ebenheiten 72
Einebnungen, örtliche 78ff.
 — der Karstgebiete 79f.
Einebnung während der Hebung 87. 109f.
Eingeborene Formen 127
Eingriffsküsten 137
Einsattelungen 98
Eintagsflüsse 134
Eiszeit und ihre Gebilde 121f. 130f.

Entwicklung, aufsteigende 36
 —, absteigende 36
Entwicklung der Landoberfläche 111ff. 140
Entwicklungsstufen und Entwicklungsreihen 45. 111
Epirogenetische Bewegungen 108. 113f.
Erklärung 6f. 13. 164
Erosion, Wesen und Eigenschaften der 28ff.
 —, mittelbare und unmittlere 30. 65
 — nach der Tiefe und nach der Seite 30f.
 —, rückwärts einschneidende 65
Erosionsbasis 33
Erosionsnatur der Täler 26f.
Erosionsterminante 32
Erosionsterrassen 39ff.
Erosionsvorgang 29f.
Esplanade im Colorado-cañon 72

Fastebene 43. 83ff. 70. 116
Fastebenen, Merkmale der Rekonstruktion 90ff.
Felsküsten, glatte 137
Felsplatten 79
 — von bestimmtem klimatischem Niveau 79
 — der Zentralgebiete 80
Felsterrassen 37
Fernling 99
Firnklima 128

Geographische Abhandlungen. Hrsg. von Geh. Reg.-Rat Dr. *A. Penck*,
Prof. an der Univ. Berlin. Mit vielen Abb., Karten u. Plänen. gr. 8. Geh.

		<i>RM</i>
I, 1:	E. Brückner , Die Vergletscherung des Salzachgebietes 1886	12.—
I, 2:	L. Neumann , Orometrie des Schwarzwaldes. 1886 . . .	3.—
I, 3:	A. Böhm , Einteilung der Ostalpen. 1887	13.—
II, 1:	W. Geiger , Die Pamir-Gebiete. 1887	11.—
II, 2:	J. Hann , Vert. d. Luftdruckes üb. Mittel- u. Südeuropa. 1887	14.—
III, 1:	W. Sievers , Die Cordillere von Merida. 1888	9.—
III, 2:	S. Günther , Joh. Kepler und der tellurisch-kosmische Magnetismus. 1888	3.80
III, 3:	A. Woeikof , Der Einfluß einer Schneedecke auf Boden, Klima und Wetter. 1889	6.—
IV, 1:	K. Kretschmer , Die phys. Erdkunde im Mittelalter. 1889	8.60
V, 1:	Arbeiten des geograph. Instituts der k. k. Univ. Wien. 1891	11.—
	Sonderabdrucke aus Band V, Heft 1:	
	F. Heiderich , Die mittleren Erhebungsverhältnisse der Erdoberfläche. 1891	3.—
	L. Kurowski , Die Höhe der Schneegrenze. 1891	2.80
	A. Swarowsky , Die Eisverhältnisse der Donau. 1891	3.60
V, 2:	J. Partsch , Philipp Clüver. 1891	3.—
V, 4:	A. Forster , Die Temperaturfließ. Gewässer Mitteleurop. 1894	5.20
V, 5:	V. Ruvarac , Die Abfluß- und Niederschlagsverhältnisse von Böhmen, nebst A. Penck , Untersuchungen über Verdunstung und Abfluß von größeren Landflächen. 1896	5.—
VI	Atlas der österreichischen Alpenseen. 2. Liefg. [1. Liefg. vergr.] E. Richter , Seen von Kärnten, Krain u. Südtirol. 1897	4.20
VI, 1:	J. Müllner , Die Seen des Salzkammergutes und der österreichischen Traun. 1896	6.60
VI, 2:	E. Richter , Seenstudien. 1897	4.20
VI, 3:	A. Penck , Friedrich Simony. 1898	12.—
VII, 1:	J. Müllner , Die Seen am Reschen-Scheideck. 1900	3.—
VII, 2:	J. Müllner , Die Vereisung der österreichischen Alpenseen in den Wintern 1894/95 bis 1900/01. 1903	3.20
VII, 3:	A. Grund , Die Karsthydrographie Stud. a. Westbosnien. 1903	11.60
VII, 4:	P. Vujević , Die Theiß. Eine potamologische Studie. 1906	4.—
VIII, 2:	N. Krebs , Die nördlichen Alpen zwischen Enns, Traisen und Mürz 1903	6.20
VIII, 3:	H. Hassinger , Geomorphologische Studien aus dem inneralpinen Wiener Becken und seinem Randgebirge. 1905	11.60
IX, 1:	G. Götzinger , Beiträge zur Entstehung der Bergrückenformen. 1907	11.—
IX, 3:	A. Grund , Beiträge zur Morphol. des Dinar. Gebirg. 1910	13.—
X, 1:	P. Gröber , Der südliche Tiën-Schan. 1914	8.40
X, 2:	L. Berg , Das Probl. d. Klimaänderung i. geschichtl. Zeit. 1914	3.60
X, 3:	O. Maull , Beiträge zur Morphologie des Peloponnes und des südlichen Mittelgriechenlands. 1921	10.—
	<i>Neue Folge / Veröffentlichungen des Geographischen Instituts an der Universität Berlin, gr. 8. Geh.</i>	
	H. Lautensach , Die Übertiefung des Tessingebietes. 1912	10.—
	A. v. Reinhard , Beitr. z. Kenntn. d. Eiszeit i. Kaukasus. 1914	8.60
	E. Wunderlich , Die Oberflächengestaltung d. norddtsh. Flachlandes. I. Teil. Das Gebiet zwisch. Elbe. u. Oder. 1917	5.—

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Geomorphologie. Von Dr. *F. Machatschek*, Prof. a. d. Univ. Wien. Mit 33 Abb. [129 S.] kl. 8. 1919. (ANuG Bd. 627.) Geb. *RM* 2.—

Geodäsie und Geophysik. (Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften mit Einschluß ihrer Anwendungen, Bd. VI, I. Teil.) Red. v. Dr. *Ph. Furtwängler*, Prof. an der Universität Wien und Geh. Reg.-Rat Dr. *E. Wiechert*, weil. Prof. an der Universität Göttingen. gr. 8. Geh. *RM* 35,80, geb. *RM* 42,80

In einzelnen Heften:

I. Teil, Abt. A (I. Teilband). Heft 1. 1906. *RM* 4,20. Heft 2. 1907. *RM* 4,80. Heft 3. 1909. *RM* 4,80. I. Teil, Abt. B (2. Teilband). Heft 1. 1908. *RM* 3.—. Heft 2. 1910. *RM* 3,60. Heft 3. 1913. *RM* 2.—. Heft 4. 1918. *RM* 6.—. Heft 5. 1925. *RM* 7,40.

Vorlesungen über Seismometrie. Von Fürst *B. Galitzin*. Deutsche Bearb. unter Mitwirk. von *Clara Reinfeldt*, hrsg. von Geh. Reg.-Rat Dr. *O. Hecker*, Prof. an der Universität, Jena. Mit 162 Abb. im Text [VIII u. 538 S.] gr. 8. 1914. Geh. *RM* 22.—

Allgemeine Geologie. Von Geh. Bergrat Dr. *F. Frech*, weil. Prof. an der Universität Breslau. (ANuG 6 Bde.) kl. 8. Geb. je *RM* 2.—

I. Bd. **Vulkane einst und jetzt.** 3. Aufl. Mit 1 Titelbild und 78 Abb. im Text. [VI u. 119 S.] 1917. (Bd. 207.)

II. Bd. **Gebirgsbau und Erdbeben.** 3., wesentlich erweiterte Aufl. Mit 1 Titelbild und 57 Abb. im Text. [IV u. 124 S.] 1917. (Bd. 208.)

III. Bd. **Die Arbeit des fließenden Wassers.** 4. Aufl. Mit 1 Titelbild sowie 50 Abb. im Text und auf 3 Tafeln. [121 S.] 1921. (Bd. 209.)

IV. Bd. **Bodenbildung. Mittelgebirgsformen und die Arbeit des Ozeans.** 3., wesentlich erweiterte Aufl. Mit 1 Titelbild u. 68 Abb. im Text. [IV u. 140 S.] 1918. (Bd. 210.)

V. Bd. **Steinkohle, Wüsten und Klima der Vorzeit.** 3. Aufl. Mit 39 Abb. im Text. [128 S.] 1918. (Bd. 211.)

VI. Bd. **Gletscher einst und jetzt.** 3. Aufl. Mit 46 Abb. im Text. [122 S.] 1918. (Bd. 61.)

Geographie der Vorwelt (Paläogeographie). Von Dr. *E. Dacqué*, Prof. a. d. Universität München. Mit 18 Fig. im Text. [104 S.] kl. 8. 1919. (ANuG Bd. 619.) Geb. *RM* 2.—

Beiträge zur Kenntnis des Kerlingarfjällgebirges, des Hofsjokulls und des Hochlandes zwischen Hofs und Langjokull in Island. Von *L. Wunder*, Oberl. a. D. in Beeghof-Ellichshausen. Mit 3 Karten im Text, 3 Tafeln u. 6 Abb. [II u. 39 S.] Lex.-8. 1912. Geh. *RM* 1,50

Ebbe und Flut sowie verwandte Erscheinungen im Sonnensystem. Von *G. H. Darwin*, weil. Prof. an der Universität Cambridge. Autor. deutsche Ausg. nach d. 3. engl. Aufl. *V. A. Pockels*, Braunschweig. M. einem Einführungswort v. Prof. Dr. *G. von Neumayer*, weil. Dir. d. dtsh. Seewarte z. Hamburg u. 52 Illustr. 2. Aufl. [XXIV u. 420 S.] 8. 1911. (Wiss. u. Hyp. Bd. V.) Geb. *RM* 10.—

Physiogeographie des Süßwassers. Von Dr. *F. Machatschek*, Prof. a. d. Univ. Wien. Mit 24 Abb. i. T. [122 S.] kl. 8. 1919. (ANuG Bd. 628.) Geb. *RM* 2.—

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Geographisches Wörterbuch. Allgemeine Erdkunde. Von Dr. *O. Kende*, Prof. an der Bundesoberrealschule in Wien. 2., vielfach verb. Aufl. Mit 81 Abb. i. Text. [IV u. 238 S.] kl. 8. 1928. (Teubn. kl. Fachwörterbücher Bd. 8.) Geb. *RM* 6.—

„Die hervorragende Zuverlässigkeit und das in der Erläuterung auch der schwierigsten Begriffe der mathematischen Geographie und der Geophysik zu Tage tretende didaktische Geschick des Verfassers ist wärmstens anzuerkennen.“ (Koloniales Rundschau.)

Geopolitik. Die Lehre vom Staat als Lebewesen. Von Prof. Dr. *R. Hennig*, Düsseldorf Mit 64 Karten im Text. [VIII u. 339 S.] gr. 8. 1928. Geh. *RM* 14.—, geb. *RM* 16.—

Die junge Wissenschaft der Geopolitik entbehrte bisher des Versuches einer systematischen Darstellung. Wertvolle, zeitgenössische Spezialarbeiten haben den spröden Boden der Wissenschaft vom Staat als Lebewesen gelockert. Es ist jetzt vielleicht der Zeitpunkt gekommen, das verwickelte und noch viel umstrittene Grenzgebiet zwischen Geographie, Staatswissenschaft, Politik und Geschichte endgültig für die Wissenschaft zu erobern. Mit vorliegendem Werke sucht der Düsseldorfer Verkehrswissenschaftler und Forscher auf dem Gebiete der historischen Geographie, Prof. Dr. Richard Hennig, die neue Wissenschaft in ein System zu bringen, wobei auf Schritt und Tritt wichtige Schlaglichter auf politische Gegenwartsfragen fallen. Zumal Kolonialpolitiker werden darin neue Anregungen empfangen. Das Werk dürfte viel erörtert und vielleicht auch umstritten werden.

Politische Geographie. Von Dr. *W. Vogel*, Prof. a. d. Univ. Berlin. Mit 12 Abb. im Text. [134 S.] kl. 8. 1922. (ANuG Bd. 634.) Geb. *RM* 2.—

„Die Herausstellung des Begriffs der ‚Ballung‘, der hohe Wert, der mit Recht auch auf den Innenbau der Staaten gelegt wird, das Geschick, mit dem alle wichtigen Fragen der politischen Wissenschaft wenigstens berührt werden, und zwar immer unter erhellender, temperamentvoller Einstellung zu ihnen, der kluge, starke Wirklichkeitssinn, den das Buch trägt und verbreitet: das alles sind Vorzüge, die diesen umsichtig nach oben gelegten Stein am Bau der politischen Erdkunde begrüßenswert machen.“

(K. Haushofer in der „Deutschen Literaturzeitung“.)

Die Großmächte der Gegenwart. Von Dr. *R. Kjellen*, weil. Prof. an der Univ. Upsala. 3. Aufl. unter Mitarbeit von Prof. Dr. *E. Obst*, Prof. Dr. *H. Hassinger* u. Prof. Dr. *O. Maull* neu hrsg. von Dr. *K. Haushofer*, Prof. an der Univ. München. [Erscheint Herbst 1928]

Die Neuauflage des bahnbrechenden Buches wird unter der Leitung von Herrn Prof. Haushofer eine vollständige Neubearbeitung erfahren. Die Darstellung der Vorkriegszeit wird im wesentlichen unverändert bleiben, dagegen werden die die Nachkriegszeit behandelnden Kapitel von den besten Kennern der verschiedenen Erdräume neu bearbeitet. Es haben übernommen: Prof. Haushofer: Deutschland und Ostasien, Prof. Obst: England und Rußland, Prof. Hassinger. Österreich und seine Nachfolgestaaten, Frankreich und Italien, Prof. Maull: Nord- und Süd-Amerika. Ein Schlußkapitel aus der Feder von Herrn Prof. Haushofer wird die gegenwärtige Lage zusammenfassend und ausblickend auf die Zukunft bringen.

Allgemeine Wirtschafts- und Verkehrsgeographie. Von Geh. Reg.-Rat Dr. *K. Sapper*, Prof. a. d. Universität Würzburg. 2. Aufl. Mit kartogr. u. stat.-graph. Darstellungen. Kart. ca. *RM* 12.—

„Hier ist wieder einmal ein Buch, das man restlos anerkennen und empfehlen muß. Ein Buch, das kein Berufenerer als Sapper hätte schreiben können, der selbst sowohl als Geograph wie auch praktisch als Pflanzer und Kaufmann in Übersee tätig war und so das Wirtschaftsleben der Welt wie kaum ein anderer Fachgenosse kennt. Ein Werk von einer Frische und Ursprünglichkeit, die stets das Interesse wachhalten und die im Vorwort ausgesprochene Befürchtung leicht zerstreuen, daß das Buch nur dazu gut sei, um sich über diesen oder jenen Gegenstand zu unterrichten; man ist von Anfang bis zu Ende gefesselt.“ (Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft in München.)

Japan und die Japaner. Eine Landeskunde. Von Dr. *K. Haushofer*, Prof. an der Universität München. Mit 11 Karten im Text und auf 1 Tafel. [VI u. 166 S.] gr. 8. 1923. Kart. *RM* 5.—, geb. *RM* 6.—

China. Eine Landes- u. Volkskunde. Von Dr. *G. Wegener*, Prof. a. d. Handelshochschule in Berlin. [In Vorb. 1928]

Indien unter britischer Herrschaft. Von Dr. *J. Horovitz*, Prof. a. d. Univ. Frankfurt a. M. Mit 2 farb. Karten. [IV u. 136 S.] gr. 8. 1928. (Handbuch d. engl. u. amerik. Kultur.) Geh. *RM* 4.80, geb. *RM* 6.—

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin