

Zur Analyse der flußbürtigen Tallandschaft.

Von Karl Diwald.

Die Entwicklung der Analyse des flußbürtigen Tales.

A. Heim (1879) hat das Wesen des Erosionstals in folgender Weise gekennzeichnet: die untersten Talleisten gehn talauf schließlich in einen Talboden über, der von dem bisherigen durch eine Stufe getrennt ist. Diese Stufe ist nichts anderes als die Vereinigung der Hangsteilen, die unterhalb der untersten Talleisten liegen. Noch weiter talauf gehn die beiden nächsthöheren Talleisten abermals in einen Talboden über, der wieder von dem unteren durch eine Stufe getrennt ist. Es nähern sich also im Talverlaufe die Terrassen dem Talboden, und zwar umso mehr, je weiter aufwärts wir wandern, um schließlich vollends zu ihm herabzukommen. Dadurch reichen die unteren Leisten niemals so weit flußaufwärts wie die oberen. Dabei wandern die Talböden aufwärts durch Rückverlegung der sie abschließenden Stufen. Das Vorhandensein der verschieden hohen Talböden geht auf Hebungen des Geländes, bzw. auf Dislokationen der Erosionsbasis zurück, wodurch „eine Welle der Talbildung nach der andern in das Gebirge hineinschlug“. — H. hat als erster die große Breite der oberen Talböden festgestellt. — Ein weiteres Hauptverdienst H.'s ist es, daß er diese Fragen nicht theoretisch, sondern auf Grundlage einer Talanalyse, des Reußtals, behandelte und den Stufenbau im Längsschnitt dem Erosionstal zuerkannte, zu einer Zeit, wo dieselbe Formengruppe als Ergebnis der Glazialerosion betrachtet zu werden begann.

Diese Auffassung der Glazialerosion beherrschte nun durch Jahrzehnte fast alle Arbeiten. —

Erst 1910 begann ein Umschwung. E. Gogarten stellt die Behauptung auf: „Die Erosionsbasen sind die Talstufen“ und denkt beim Längsstufenbild an „eine Gesellschaft von Erosionsbasen, die gleichzeitig rückwärts wandern.“ Dann stellt er fest, daß der „alte Talboden breiter ist als der jüngere“. Im nichtvergletscherten Gebiet hat V. Hilber 1912 die Stufen eines Erosionstals im Längs- und Querschnitt festgestellt und diese Formengruppe als „Taltreppe“ bezeichnet. Auch das Breitersein der älteren Talböden taucht wieder auf. 1914

erklärte J. S ö l c h die Frage der alten Talböden noch ungelöst¹, „weil sie uns auch im Steirischen Randgebirge wirklich in einer Ausbildung begegnen, die mit den Beobachtungen Heims mehr oder weniger übereinstimmen.“ H. H a s s i n g e r hat im selben Jahr den ruckweisen Aufstieg einer Landschaft durch Strandterrassen im Profil eines früheren Küstengebietes nachgewiesen und damit neuerdings eine reale Grundlage für die Längsstufenbildung im Erosionstal geschaffen. Die Verbindung beider gestaltenden Kräfte, ruckweiser Landaufstieg und dadurch neugeschaffene Erosionsphasen, die ein Rückwandern der Erosionsstufen im Tale hervorriefen, hat O. A m p f e r e r 1915 in einer äußerst wertvollen und weitreichenden Art behandelt; insbesondere auch deshalb, weil er die Breitenzunahme der Talböden aufwärts systematisch feststellte (Fig. 13, S. 90) und endlich erklärte: die tieferen Formen im Tallängsschnitte sind, weil sie erst kurze Zeit bestehn, schmal; die höheren ihres längeren Bestandes wegen breiter, räumiger. Mit dem Wandern von Gefällsstufen oder Gefällsteilen befaßte sich zur selben Zeit J. S ö l c h. 1918 hat S. sich wieder mit der Entwicklung des flußbürtigen Tals befaßt. Während er in den ersten Abschnitten dieser Arbeit (z. B. S. 66) noch feststellt: „So unterscheiden sich die Längsprofile der Kämme ganz eigentümlich und wesentlich von denen der Täler, zwischen denen sie streichen; denn diese stellen im großen ganzen Kurven dar, die sich gegen die Talursprünge zu allmählich versteilen und — wenigstens dem flüchtigen Beschauer — als ungebrochen gelten können, geht er im späteren Teil davon ab und bezieht sich wieder auf Heim, der sehr richtig beobachtet hat, „daß sich die Talleisten sehr oft an Querriegel der Täler, d. h. an Gefällsstufen in dem Längsschnitt diesen anschließen. Es reichen die unteren Leisten niemals so weit flußaufwärts wie die oberen...“ und übernimmt das bisher Erwähnte. Weiters geht S. bei seinem „Ideal-fall“ (S. 78) nach A. P e n c k von der Annahme aus, ein Fluß habe sein Normalgefälle erreicht. Dabei wird der Talboden, der Raum des geringen Gefälles als Aufschüttungsgebiet², der Raum der Gefälls-

¹ Wohl mit Bezug auf die Glazialerosion.

² Wohl in vielen Fällen Raum der geringeren Erosion. Eine Gliederung der Erosion in die rückschreitende an den Eintiefungsenden und die in den Flachstrecken der Talböden unterhalb des Schwemmkegelbereiches, wird wohl zur Analyse des flußbürtigen Tals noch in Betracht gezogen werden müssen. Die erste Art der Eintiefung bewirkt vor allem ein Rückverlegen, ein Aufwärtswandern der Gerinnestrecke; die zweite in erster Linie das Tieferlegen einer meist ausgedehnten Flußstrecke; daneben häufig auch starke Unterwaschung. Stark beeinflußt wird die zweite Art der Eintiefung in der Nähe der Gefällsversteilung. Hier wird sie stärker und ruft eine Abschrägung der Gefällskurve und (anschließend talauf) ein Tieferlegen des Wasserspiegels (Spiegeltiefe) hervor. Diese Abarten bewirken eigenartige Formen im Talbodenbereiche.

steile als Erosionsgebiet bezeichnet. So besteht das Tal aus mehreren Erosionsgebieten (V-förmig) und Aufschüttungsgebieten. Neu ist die Feststellung der Erosionsgebiete (besonders starker Kraft) im Bereich der Talstufen und die Umgestaltung von Pencks Normalgefällskurve in mehrere Kleinformen dieser Art. Doch bezieht sich dieser Teil vorwiegend auf das Gerinne. Für die Talformen müßten damit Formquerschnitte festgelegt werden. Und das Rückwandern der Stufen im ganzen Querschnitt des Talbodens, eine Folge verschiedenster Kräfte, unter denen die Flußarbeit nur eine Rolle übernimmt, ist noch nicht in Betracht gezogen. — Alle diese Fragen sind rein theoretisch behandelt; ebenso die wichtige Feststellung einer neuen Analyseform, des Eckes.

Einen wesentlichen Fortschritt im Hinblick auf die Bestimmung und Wertung der Leistenfläche bedeutet eine Arbeit von R. v. Klebelsberg (1922), zumal sie auf die Analyse einer Landschaft zurückgeht. Auch sind hier wiederholt die an Stufen endigenden Talbodenstrecken genau beschrieben. — Meine Ötscher-Arbeit (1921) stellte den Versuch dar, nicht rein theoretische Erwägungen zum Ausdruck zu bringen, sondern eine flußbürtige Landschaft zuerst zu untersuchen und ausschließlich auf induktivem Wege eine Methode der Analyse festzustellen.

Die hier angewendeten Untersuchungsmethoden gehn vor allem auf die Vorarbeit Heims zurück, wobei diese aber spezialisiert und auf die ganzen Talsysteme bis in die kleinsten Seitentälchen ausgedehnt wurde. Da mit Ausnahme der Arbeit H.'s und seiner Schüler sich fast alle Landschaftsanalysen auf eine Form, die Leiste, bezogen, wurde zunächst ihrer Verwertungsmöglichkeit ein besonderes Augenmerk zugewendet, und zwar vor allem der Höhenbestimmung. Hiezu wird nicht ein Teil der Fläche, sondern die Grenze zwischen Hang und Fläche, die Hangflächengrenze, herangezogen und ihre Verwendung begründet. (Ö. A., Vorwort.) Vor mir geschah dies in einer einzigen, mir damals noch nicht bekannten Arbeit B. Dietrichs (1911). Über die Unentbehrlichkeit der Hangflächengrenze für die Höhenbestimmung hinaus kommt ihr noch für die Festlegung der Systembreite und die Entwicklung von Tälern dritter Ordnung Bedeutung zu (Vorwort; S. 264 f).

Nicht bloß Leistenflächen großer Ausdehnung werden zur Wiederherstellung alter Talformen benützt, sondern auch kleinere Reste, deren Eigenheiten und Unterschiede gegenüber den petrographisch bedingten Hangstufen untersucht werden (S. 10—16; 17—24). Trotz des Verschwindens der Leistenfläche kann die Leiste unter Umständen

bei Erhaltung ihres Hanges noch zur Analyse des Talquerschnittes herangezogen werden. — Die Reste früherer Talböden werden als „Restformen“ bezeichnet.

Sie leiten im Ötschergebiet auch in den höchsten Lagen zu „voll erhaltenen Formen“ über. Es sind dies die noch erhaltenen Talbodenstrecken, die einer höhergelegenen Erosionsbasis angepaßt werden und heute noch nicht vom Rückwandern einer neuen Eintiefung erreicht wurden — also jene Formengruppe, die schon Heim beschrieb, die später aber äußerst selten praktisch ausgewertet wurde.

Ein systematischer Verfolg dieser „v.e.“-Formen wurde zum erstenmal in der Ötscher-Arbeit durchgeführt; hier werden die v.e.-Formen zur Grundlage der Landschaftsanalyse gemacht.

Voll erhaltene Formen heißen sie in der Ö.-A. im Hinblick auf die nur mehr teilweise erhaltenen, die Restformen; voll erhalten deswegen, weil alle auch heute noch vor sich gehenden Veränderungen sich in einem Rahmen abspielen, der nicht allein durch die jetzige Zeit gegeben ist, sondern zum großen Teil aus jener stammt, in der die v.e.-Form eben erst angelegt wurde. Nicht beeinflußt z. B. wird heute, abgesehen von jener Einwirkung, die klimatische Veränderungen bedingen, das Gefälle. Von ihm hängt vor allem das Verhältnis von Unterwaschung und Eintiefung ab, die ihrerseits das Maß für Tiefe und Breite der weiteren Umwandlung geben.

Der wertvollste Anhaltspunkt für die morphogenetische Untersuchung ist der Übergang der Restformen in die v.e.-Form (S. 122).

Daneben bietet der Verfolg der v.e.-Formen aber auch noch andere große Vorteile. So sind die des Nebentals von hoher Bedeutung für die Bestimmung des Taltiefsten in jenen gleichalten Abschnitten des Haupttales, die nur mehr in Restformen erhalten sind (S. 164). In diesem Falle kann die Mündungshöhe eines solchen Seitentals etwas unter die Leistenfläche des Haupttals herabreichen, so daß unterer Rand der Leistenfläche hier und Taltiefstes dort einen zwar geringen, aber doch merklichen Höhenunterschied aufweisen (S. 351). —

Es ergibt sich sonach auf diesem Wege die Wiederherstellung alter Täler in bezug auf ihre Höhe.

Wo sich in einem eindeutig geschlossenen Leistensystem regelmäßige geringfügige Höhenunterschiede zeigten, wurde eine Unterteilung dieses Systems in zwei Stadien (System „Berg“ und System „Tal“ vorgenommen, S. 316—321, 366 ff, 377—380). Eine der Ursachen dieser Höhenunterschiede konnte festgestellt werden: Talbreite; da-

durch ermöglichtes Verlegen des sich eintiefenden Gerinnes von der einen zur andern Talseite. Dies verändert die Tieflage im Mündungsraum des Seitental und kann im Seitental eine Form schaffen, die im Haupttal nur als Schräge des Talbodens vorkommt. Zur Schräge des Talbodens K. Diwald (1925).

Zur Wiederherstellung alter Täler in Bezug auf ihre Form hilft besonders die Einführung des Begriffes Hangflächengrenze. Erst dadurch kann die Breite einzelner Eintiefungen (S. 345, 350, 353, 358 usw.) bestimmt werden und können ihre Tiefen (gemessen im Höhenabstand zweier übereinander liegender Eintiefungen) festgelegt werden, ohne daß die überall festzustellende Schräge der Leistenfläche zur Fehlerquelle wird. Dieser Systemtiefe (S. 106) kommt namentlich bei bewegten Schollen große Bedeutung zu. Die Böschungsverhältnisse der Hänge (X. Abschn.), die in überraschender Weise auch über Gesteinsverschiedenheiten hinweg die der einzelnen Eintiefung zukommende Eigenheit wahren, sind ein weiterer Wesenszug, der beachtet werden muß.

Diese Art der Untersuchung läßt die Eigenheiten der einzelnen Talsysteme schärfer erfassen (u. a. S. 182, 395), so daß schon die verschiedene Räumigkeit der v.-e.-Formen — Größe der Hohlform — die relative Altersbestimmung gestattet (S. 69 f). Beim Fehlen von Leistenflächen sind dann die einzelnen Talsysteme oft an plötzlichen, aber talauf und -ab weithin gleichmäßigen Böschungsänderungen — nach außen gerichtete Gehängeknick — festzustellen (S. 173).

Solcherart läßt sich der Talquerschnitt wohl sicherer in Teile gliedern, die Talsystemen verschiedenen Alters zugehören.

Dadurch, daß jede Eintiefung im Verlauf ihres Bestehens ein ganz bestimmtes, wenn auch teilweise durch den geologischen Bau beeinflusstes Maß des Rückschneidens erreicht, dem im Eintiefungsende — seit Heim als Talstufe bezeichnet — ein vorläufiges Ziel gesteckt ist, löst sich dieses Tal auch im Längsschnitt in verschiedene, nach Breite und Tiefe, sowie Form der dazugehörigen Hänge eigens gekennzeichnete Einheiten auf, die als Eintiefungsfolgen bezeichnet werden. Je höher man kommt, desto ältere, daher immer breitere werden erreicht. In der Ötscherlandschaft werden sie dabei immer tiefer (S. 395). Ob dies auf die größere Stärke der ersten Aufstiegsphasen oder auf die Zerstörung von Zwischenformen infolge des hohen Alters der in Betracht kommenden Landschaftsteile zurückzuführen ist, gehört noch zu den offenen Fragen. (Hiezu S. 180 f.)

Eine bedeutende Rolle im Talbild kann unter Umständen dem

Verbindungsgraben¹ zukommen. Es ist jene Oberflächenform, in der das Gerinne gezwungen ist, den Höhenunterschied zweier aneinanderschließenden Eintiefungsfolgen zu überwinden (Sölchs Erosionsstrecke). Ist die Stufe an sich hoch, oder erreichte sie dadurch ein großes Ausmaß, daß im Queren eines besonders widerständigen Gesteins mehrere Eintiefungsenden nahe aneinanderrückten, und der Verbindungsgraben von der jüngsten Eintiefungsfolge an bereits die Stufe des obersten Eintiefungsendes durchschneiden konnte, dann schiebt sich eine mächtige, lange Engstrecke in die normalen Erosionsformen ein, die im gewissen Sinne ein eigenes Leben führt und unter Umständen befähigt ist, die Restformen mehrerer Eintiefungsformen im eigenen Querschnitte ganz zu vernichten. Auch das Absinken einer Scholle kann dieses Übermaß des Verbindungsgrabens hervorrufen.

War ein völliges Zusammenschließen mehrerer Verbindungsgraben noch nicht restlos durchgeführt, und hatte sich in jedem Verbindungsgraben, wenn auch nur auf ein kurzes Stück, ein Teil des zugehörigen Talbodens hineingeschoben, dann bietet dies nicht bloß seiner Schönheit wegen — steter Wechsel von kurzen Engen, oft Schluchten, und stillen, ruhigen, fast ebenen Talstrecken — sondern auch zur Talanalyse einen besonders wertvollen Behelf. Ein Musterbeispiel für diese Formengruppe ist die Weichtalklamm am Schneeberg; diese „Klamm“, bestehend aus acht Kletterstrecken und ebensovielen Engen, immer getrennt durch fast ebene, wenn auch schmale Talböden. —

Entfernte Vergleichsgelände (Täler, die nicht ineinander münden) lassen sich in ihren Restformen dann zur Wiederherstellung alter Täler verwenden, wenn die relativen Höhenunterschiede einander gleichen (S. 51).

Ein besonderes Augenmerk wurde der Heranziehung voller Talquerschnitte zugewendet, die als eigene Art von Sätteln (unechte Sättel) auffallen. Ihre Wesenszüge S. 38 f. —

Die durch das Rückwandern der Eintiefungsfolgen hervorgerufenen Stufen im Tallängsschnitte machen auch beim regelmäßigen Erosionstal das Erreichen der Gefällskurve unmöglich (S. 376 f.). Wohl konnte in der Ötscherlandschaft nachgewiesen werden, daß die jüngeren Eintiefungsfolgen wasserscheidenwärts sich in Bezug auf die Höhe den jeweils in Betracht kommenden älteren nähern (S. 390—395), sonach in diesem Falle Stufen und Gefällsbrüche niedriger wer-

¹ Daß das Volk auch diese Talteilstufe erfaßt hat, darauf deutet im Wiener Boden der Name „Wallrißgraben“ hin. Er ist in eine Breitform des oberen Dürr-Wahringtales, und zwar in ihre stattliche Talsohle eingeschnitten.

den. Jedoch selbst im ungünstigsten Falle bleibt immer noch die Gefällsverteilung, meist in einem langen und räumigen Verbindungsgraben gelegen. Für diese Formengruppe kommt noch der Einfluß des verschiedenen Gesteinswiderstandes besonders in Betracht.

Die Eintiefung schreitet innerhalb eines Systems (einer Eintiefungsfolge in einem zueinandergehörenden Talnetz) fast in gleiche Höhe zurück (S. 470—472). Häufig kommt es an dessen Enden zur Entwicklung von Quellgerinnen. Besonders dann, wenn das Eintiefungsende wesentlich breit ist. Tektonisch-petrographische Begünstigungen lassen die gleichen Räume in allen Systemen insofern bevorzugt erscheinen, als in ihnen die Erosion weiter zurückschreitet. Besonders widerständige Gesteinsmassen, in die die Täler streckenweise eingebaut sind, können einzelne Eintiefungsfolgen zum Erlöschen bringen, wenn sie knapp unter- und rasch hintereinander talauf rücken.

Die Rekonstruktion eines ganzen Talsystems erfolgt auf Grund der Verbindung v. e-Formen, der Eintiefungsenden, der vollen Talquerschnitte, Mündungsräume aller Täler. Fehlende Formen dieser Art ersetzen die Leisten mit ihrer Hangflächengrenze (Abschnitt X).

Durchgehends ist das Werden des Landschaftsbildes bis in Kleinigkeiten abhängig vom Bau der Landschaft, vor allem was die Anlage der Talsysteme und Täler, ihr Ausreifen usw. betrifft (bes. Abschn. X). —

Ein wesentliches Augenmerk wurde dem Verfolg der einzelnen Leisten hänge gewidmet. Jedes System hat, wie schon erwähnt, seine eigene, oft weithin gewährte Hangböschung. Dabei verbindet sich häufig Reife der Talsohle mit Hangsteile (S. 176, 372). Der Verlauf der Hangflächengrenze ist bei reifen Talsystemen geradlinig. Ein unruhiger Grundriß kennzeichnet nur die jüngeren Eintiefungsfolgen. Ihr Ende ist im Grundriß spitz (S. 182), das ältere stumpf, oft halbrund (S. 20f). Parallellaufen der zusammengehörigen Hangflächengrenzen (S. 312) kennzeichnet die reiferen Systeme.

Die Feststellung der Eintiefungsfolgen in der ganzen Ötscherlandschaft führt zu dem Schlusse, daß die Hebung der Scholle sich in verschiedenen, gegeneinander wohl abgegrenzten Phasen, also ruckweise vollzogen hat. —

Diese Art der Analyse einer flußbürtigen Tallandschaft hat E. Brückner (1922 und 1925, Mitt. Geogr. Ges. Wien) in schärfster Weise abgelehnt und N. Krebs (Die Ostalpen und das heutige Österreich, Stuttgart, 1928, II, S. 330) bezeichnet die Ötscher-Arbeit als „Versuch mit unzulänglichen Mitteln“.

Hingegen hat über diese Art der Landschaftsanalyse O.

Ampferer (1923, Verhld. Geol. Bundesanst. Nr. 2, Besprechung) sich folgendermaßen geäußert: „Etwas vom Wichtigsten scheint mir endlich die konsequent durchgeführte Heranziehung und Verbindung der sogenannten „vollerhaltenen Formen“ für die Ergänzung der alten Oberflächen zu sein. Gelingt es, die ganzen Reste des Talzuges z. B. in eine vollerhaltene Form überzuleiten, so bildet dies einen Beweis nicht nur für ihre Zusammengehörigkeit, sondern auch für eine gewisse Selbständigkeit der dadurch begrenzten alten Form.“

Auch die von der Erosion durch fließendes Wasser ausgeschalteten Überreste alter Oberflächen, die „Restformen“, unterliegen der Verwitterung und damit der Veränderung, doch geht auch diese gesetzmäßig vor sich und wird dadurch vergleichbar. Die Verfolgung solcher Formen hat nun Diwald zur Erkenntnis geführt, daß alte Täler je nach ihrer Bedeutung aus einer kleineren oder größeren Reihe von verschiedenartigen und verschiedenartigen Talindividuen zusammengesetzt sind und somit überhaupt nichts Einheitliches vorstellen.“ —

Auf die als Auszug der Ö.-A. — bereits 1922 wurde ein solcher als Vortrag in der Gesellschaft für Eiszeitforschung in Wien gegeben — erschienenen Abhandlung (Diwald 1924) macht F. Machatschek (1924, Peterm. Gg. Mitt.) „im allgemeinen morphologischen Interesse“ aufmerksam. Ausführlich haben sich damit R. Leutelt (1929) und R. v. Klebelsberg (1929) befaßt. Bei Leutelt heißt es: „Diwald hat im Laufe der Jahre eine Synthese der Formen der Ostalpen verarbeitet, der man den Vorzug der Geschlossenheit und überzeugenden Fundierung nicht absprechen kann. Die Ergebnisse beruhen auf Formenbefunden in unvergletscherten Gebieten. Hier studiert der Verfasser die Formengemeinschaft der flußbürtigen Tallandschaften. Er erfaßt die einzelnen Formenelemente in präziser Genauigkeit, stets auf dem Wege der induktiven Forschung. Die Analyse ergibt verschiedene Flachfluren und Steilstücke. Der Zusammenbau aller dieser Formenelemente ergibt die flußbürtige Alpentallandschaft, die sich aus einzelnen Stockwerken, dem Ausdruck der ruckweisen Hebung der Alpen, zusammensetzt, wobei eine Reihe neuer Wege und Möglichkeiten der genaueren Formenerkundung gegeben sind, die ganz zu unrecht von der Morphologie der letzten Jahre nicht genügend bewertet wurde.“

Die Analyse der Formen eines Stockwerkes (D. möchte hierfür den neuen, sicher weniger treffenden Namen Eintiefungenfolge einführen) ergibt als Formenelement den Talboden, den Hang, das Eintiefungsende und das eingesenkte Gerinne. Charakterisiert werden diese Formen durch

die Breite des Stockwerkes, seine Tiefe, sein Gefälle, seine Länge und seinen Grundriß. Alles dieses faßt D. zusammen als die morphologischen Einheiten des Tales.

Das Tal wieder kann als vollerhaltene Form oder in Restformen (Leiste, Stück vom vollerhaltenen Talboden) erhalten sein. Es wird die Bedeutung der Hangflächengrenze zur Rekonstruktion der Lage einstiger Talböden gewürdigt und die Möglichkeiten erörtert, die eine solche Rekonstruktion vermitteln. . . .

Die Ausführungen über die flußbürtige Stockwerklandschaft und deren Elemente bedeuten einen Fortschritt und eine Bereicherung der Methoden morphologischer Untersuchung, mit denen sich jeder im Gelände Morphologie Treibende wird bekannt machen müssen. Allerdings wird man in D.s Ausführungen nicht eine neue Morphologie erblicken können, sondern Weiterausbau auf durch Generationen erarbeiteten und längst bekannten und erkannten Errungenschaften.“

R. v. Klebelsberg (1929) schreibt: „Ihre (i. e. der Ö.A.) grundsätzlichen Ergebnisse sind unter dem Titel: Neue Grundlagen . . . erschienen. . . Alles in allem ein interessanter und durchaus beachtenswerter Versuch, die morphologische Erforschung der Alpentäler exakter, eingehender zu gestalten als bisher. . . Zusammenstellung der Höhen, Längen, Breiten der einzelnen Eintiefungsfolgen (entwicklungsgeschichtliche Talabschnitte oder morphologische Einheiten); die von ihm untereinander parallelisierten morphologischen Einheiten der Haupt- und Nebentäler entsprechen sich ebensowohl der Höhenlage wie dem Längen- und Breitenverhältnis nach. . . Nicht bloß die Höhenlagerung der Gliederungselemente, auch ihre Lage im Längsschnitt sucht D. im Sinne gesetzmäßiger Abhängigkeit von der Länge der Täler zu erklären. . . und auch die Breite der einzelnen Talsysteme wird zu diesen Gesetzmäßigkeiten in Beziehung gebracht.

In seiner letzten Arbeit (1927) führt er die Lehre von den ‚Eintiefungsfolgen‘ an dem Beispiel des Rosannagebietes in einer bis ins kleinste gehenden Weise durch, die ohne Zweifel Beachtung verdient. . . Es erscheint demnach hier die Formenanalyse bis zu jener Genauigkeit getrieben, die oft gewünscht, aber kaum noch je erreicht worden ist.“ —

Spezialergebnisse dieser Untersuchungsmethode. Ein Ergebnis war: Die Scholle des Ötschers ist an der Oberfläche vorgeschoben worden (S. 340—343). Die Beweisführung ist morphologisch und nimmt ihren Ausgang davon, daß erst von einem bestimmten Zeitpunkt an die engere und weitere Ötscherlandschaft das gleiche, in den Eintiefungsfolgen (Systemen) erkennbare Schicksal hatten. Dieser Schnitt in der Entwicklung fällt mit der Aus-

bildung der Leitfläche Wastl am Wald (1120—1140) zusammen. Die nächst höhere, die Leitfläche 1200 m ist nur mehr in der weiteren Ötscherlandschaft zu finden. Sie und alle älteren schneiden, von Osten nach Westen ziehend, an der Ötscherscholle ganz unvermittelt ab.

Naturgemäß kommt dies auch im Bau der Landschaft, nicht bloß in ihrem Bilde zum Ausdruck. Die ihrer Lagerung nach so verschiedenen Gebiete der ruhigen, gleichmäßigen Entwicklung und der bald zusammengepreßten und zerrissenen, bald mächtig anschwellenden Deckenteile treffen sich mit dem Vorhandensein oder dem Fehlen der Landschaft in 1200 m Höhe.

Daraus ergibt sich auch der eigenartige Verlauf der Erlauf von Mitterbach bis Trübenbach. Die engste Talstrecke ist dort, wo sich der Vorschub der Ötscherscholle am stärksten bemerkbar macht, in den Tormauern (S. 353). Im Schlußwort der Ö. A. heißt es daher:

„Es ist ein seltener Berg, der Ötscher. Auf sich allein gestellt, nicht gestützt und umgeben von anderen Großen, überschaut er niederes Land. Eine Schönheit, die seit langem in die buchstäblich zu nehmenden Worte gefaßt wurde ‚weit in das Alpenvorland vorgeschoben‘ (S. 401f.).

Über diese Frage schreibt O. Ampferer (1930): „Gegenüber dem nördlich angrenzenden niedrigen Vorland handelt es sich offenbar doch um eine Aufschiebung (S. 50). Das Profil (S. 52, Fig. 7) zeigt deutlich, daß der Dachsteinkalk des Ötschers nach N auf den Nestelberg aufgeschoben ist, und auch sonst erhellt immer wieder, daß es sich bei dieser Aufschiebung um den N- und O-Rand unseres engeren Ötschergebietes handelt. Weiter heißt es: „Die Scholle des Großkopfes erscheint ganz deutlich über die Schichtköpfe des träger aufgestellten Gutensteiner Kalkes vorgeschoben“ (S. 51). — „An der N-Seite des Ötschergipfels . . . läßt die heftige Verbiegung der wohlgeschichteten Dachsteinkalke unschwer die Gewalt des hier erfolgten Vorstoßes ablesen“ (S. 53).

Dabei ist es wohl von großem Werte, daß die in der Ö. A. geländekundlich bestimmte NO- und N-Grenze des an der Oberfläche vorgeschobenen Ötschers in allen Einzelheiten sich mit der geologisch bestimmten NO- und N-Grenze der vorgeschobenen Ötscherscholle, gekennzeichnet durch eine Werfener Schieferzone hoch über der Erlauf, deckt. A. bezeichnet diesen Teil als Rand der hier überschobenen Altlandschaft.

Beiträge zum Erkennen von Hebungen. Grundgedanke war: die Hebung ist durch den Verfolg aller Leitflächen nachzuweisen. Alle Leitflächen, gesichert durch Innehalten des gegenseitigen Abstandes, müssen im aufgestiegenen Schollenteil eine um den gleichen Betrag höhere Lage aufweisen.

Die Durchführung im einzelnen soll an folgendem Beispiel gezeigt werden.

Es läßt sich in der weiteren Ötscherlandschaft eine Leitfläche in 840 bis 860 m und eine solche in 900 bis 920 m Höhe verfolgen. Auch die engere Ötscherlandschaft zeigt ein Leistensystem in 900 bis 920 m, darüber ein 960 m hohes, das in der weiteren Ötscherlandschaft kein Gegenpiel hat. Ziffernmäßig müßte man die beiden Leitflächen in 900 bis 920 m der gleichen Zeit zuweisen. Erst durch den Verfolg der jüngeren und älteren anschließenden Formen und ihres gegenseitigen Abstandes kommt man dazu, die Leitfläche 900 bis 920 m in der weiteren Ötscherlandschaft mit der von 960 m in der engeren, daher auch System 840 bis 860 m der weiteren Ötscherlandschaft mit der in 900 bis 920 m der engeren in Verbindung zu bringen. Daraus ergibt sich eine Hebung in der engeren Ötscherlandschaft um 60 m, die an allen Leistensystemen und den dazugehörigen v. e. Formen nachweisbar ist. Die dadurch bedingte Wiederbelebung der Eintiefung schuf die Klammen.

Für die Hebung sprechen noch: eine eigenartige Beeinflussung der Eintiefungsfolgen (S. 125), sprechende und doch nicht einreihbare Restformen (S. 136), Störung der unteren Trefflingstrecke in der jüngsten Form (S. 137—141), Gefälle und Höhe der Restformen am Nestelberg zu hoch (S. 145), die eigenartige Reife der Seitentäler und des Haupttales vor der gehobenen Scholle (S. 164), Ablagerungen ebenda, eigenartige Gefällsverhältnisse usw.; hiezu auch die S. 203, 230 f.

Nach der größeren Höhenlage der ausgezeichneten Horizonte läßt sich die gehobene Scholle genau umreißen. An ihren Grenzen finden sich auffallende Störungserscheinungen. Solche sind: Rauchwake tektonischer Entstehung (S. 148 f.), aufgeblätterte und aufgebogene Schichten des Unteren Muschelkalkes (S. 150), Einsetzen der Wände (S. 156), starker Steinschlag beim Eibenbauer (S. 158); auch anderwärts ist der Übergang von der gehobenen zur ungehobenen Scholle Bergsturzgebiet (S. 168), so besonders am Weg vom Elektrizitätswerk am Lassingbach zum Stausee, wo deswegen in dem zerrütteten Gestein die Steiganlage teilweise im Tunnel führt und trotzdem schon Menschenleben dem Steinschlag zum Opfer fielen; weiters ein gefährliches Steinschlaggebiet am Ausgange des Ötscher-Erlaufgrabens, wo auch der Weg oft zerstört wird und z. Z. unserer Begehungen ein hausgroßer Block, noch mit der gelben Markierung versehen, tief unten in den Fluten der Erlauf lag (S. 168); scharfes Schichtabbiegen oberhalb des Teufelsriegels (S. 149), äußerst starke Schichtstörungen, Verbiegungen und Brüche auffälliger Art beim Stierwaschertal (S. 238); Bestätigung der SO-Grenze des gehobenen Geländes durch geologische Erfahrungen beim Tunnelbau der

Mariazellerbahn, wo nach mündlicher Mitteilung der Bahnbauabteilung in der Mitte des südlichen Kientales, wo unsere Grenze der gehobenen Scholle verläuft, inmitten des Tunnels ein plötzlicher Gesteinswechsel festgestellt wurde (S. 240); der frühere See bei Mitterbach, aus Ablagerungen erschlossen, eine Folge der Hebung. Dazu kommt noch eine Beobachtung vom Jahre 1922. Ins nördliche Kiental zieht vom Lassingtal, immer im Taltiefsten, bei P. 729 eine Verwerfungslinie herauf, an der als langer, schmaler Streif Werfener Schiefer auftritt. Dieser läßt sich das Kiental aufwärts und das Lassingtal abwärts verfolgen. Hier zieht er vor dem Werke rechts steil den Hang hinauf. Diese Quetschzone trennt den Unteren Muschelkalk von harter, reiner Ausbildung, wie er sich unserer Meinung nach nicht in der eigentlichen Ötscherdecke, sondern nur in der Annaberger Scholle findet, rechts, vom Unteren Dolomit links davon.

An der Grenze der Hebungsscholle weisen hier die Restformen eines und desselben Systems drei verschiedene Höhenlagen auf, indem sich der Übergang von der ungehobenen zu der am stärksten gehobenen Scholle über eine Zwischenzone vollzieht. Dies zeigt auch die Gehängeform; bald sind es zusammenhängende Mauern, bald felsdurchsetzte Hänge, schließlich glatte, wenn auch sehr steile Böschungen (S. 234—236).

Hinsichtlich der Klammen, die innerhalb der Grenzen der gehobenen Scholle liegen, ist anzuführen: Klammbeginn und Beginn der gehobenen Scholle fallen noch heute zusammen (S. 244); sie sind daher nicht das Ergebnis der rückschreitenden Erosion. Auch von der Wasserführung sind sie losgelöst (S. 245—247); die Fälle sind also der besondere Ausdruck der Hebung eines Schollenteils (S. 247) usw.

Der heutige Stand der Methoden zur Analyse der Landschaft.

Das neueste geländekundliche Schrifttum ¹⁾ verwendet zum Teil die Begriffe Hangflächengrenze; Eintiefungsfolge, ihre Breite, ihre Tiefe; Zunahme der Systembreiten talauf; Verfolg der Eigenheiten der Hangböschungen in jeder einzelnen Eintiefungsfolge; die Stufe im Tallängsschnitt als Ende der rückschreitenden Erosion (Eintiefungsende), die Normalgefällskurve ist aus Arbeiten, gegründet auf die Untersuchung kleiner und kleinster Räume, verschwunden; dafür tritt die Unstetigkeit der Gefällsverhältnisse als gesetzmäßige Erscheinung in den Vordergrund; O. L e h m a n n (1922) bezeichnet die Normalgefällskurve als transzendental. Es treten ferner auf die vollerhaltene Form und ihr

¹⁾ Ausführliches hierüber in meiner Arbeit Zur Diagnose von Hebungsräumen, Ztschr. Geologie und Bauwesen, 1932, Heft 4.

Übergang zur Leistenfläche; die verschiedenen Entwicklungsmöglichkeiten der Nebentäler, die auf eine marine oder Haupttalterrasse ausgehen; das Verhältnis der Eintiefungsfolgen im Haupt- und Nebental.

Von besonderer Wichtigkeit dürfte hierfür eine Arbeit K. Rodes (1930) sein. Er verwendet folgende Formen zur Landschaftsanalyse: Erosionsbasis; Form der Strandterrasse und des Kliffs; die an eine einzige Strandterrasse anschließenden Eintiefungen; Gleichaltrigkeit und Formgleichheit; Ausgang der Eintiefungsfolge teils am oberen, teils am unteren Rand der Strandterrasse; Zerschneidung der Terrasse („rezente und fossile Formen“); Breite der Eintiefungsfolge; rezente Belege für die Talforschung (je älter die Eintiefungsfolge, desto räumiger; gleichaltrige Eintiefungsfolgen annähernd gleich nach Hangböschung, Talbodenbreite usw.; bei sehr großer Systemtiefe Fehlen der Talsohle auch in den älteren Eintiefungsfolgen, aber trotzdem sind diese räumiger als die jüngeren (konvexer Hang).

So lieferte bisher die rezente Küstenlandschaft bis in die kleinsten Einzelheiten die Übereinstimmung mit dem Formenschatz der schon längst vom Meere abgetrennten Welt.

Die Eintiefungen, aneinander anschließend, dem jeweiligen Meeresstande sich anpassend und rückschreitend, gestalten hier wie dort das Gelände; dasselbe Rückwandern der Eintiefungsfolgen, das einen Großteil des Formenschatzes unserer Landschaft schuf.

Auch weiter konnten folgende Elemente festgestellt werden: Systemtiefe = Höhenspannung zwischen zwei Eintiefungsfolgen; Unterschied zwischen dem unteren Rand der tieferen und dem oberen der höheren Strandterrasse; Höhenunterschied zwischen (zueinandergehörigen) Terrassenböden und Talböden; Geringerwerden des Eintiefungsbetrages gegen die Jetztzeit; Strandterrassen und dazugehörige Eintiefungsfolgen (mit Talleisten); Fallrinne und Verbindungsgräben; (Fluß-)Spiegeltiefe; Untergliederung eines Talsystems.

Leider fehlen ziffernmäßige Breitenbestimmungen. Im allgemeinen sind die, wie schon erwähnt, älteren Eintiefungen als breitere geschildert. Ebenso wird festgestellt (z. B. von 350 m an), daß noch die Talböden einer früheren „Erosionsfolge“ erhalten sind, „aber von der jetzigen fortschreitenden vertilgt werden“. Die in der Ö. A. wiederholt dargelegte Beobachtung, daß Nebentäler alte Eintiefungsfolgen bewahren, während im Haupttalle schon jüngere am Werke sind — Stufenmündungen der Nebentäler — findet auch in diesem Gelände Bestätigung. Nur wird hier die Eingliederung dieser Formen in die marinen Terrassen bloß im allgemeinen durchgeführt. R. hebt ausdrücklich hervor,

daß durch Hebung entstandene Gefällsbrüche im Rückwandern gemildert, ja ausgeglichen werden, daß aber „der Höhenunterschied zwischen der jeweils neuen Erosionsbasis und dem an die vorige, relativ höhere Erosionsbasis angepaßten Talstück nicht beseitigt werden konnte“.

Von äußerster Wichtigkeit ist noch folgendes Ergebnis: die der vierten und fünften (marinen) Hauptterrasse — die höchsten Formen — finden ihre Fortsetzung in den Tälern am inneren Hang des Ben Lomond, und zwar dergestalt, daß ihre Neigungsebene gewahrt bleibt.

Damit ist weiter der Nachweis erbracht, daß der Formenschatz unseres Geländes sich mit einer heute noch marinen Landschaft deckt.

Die Schlußfolgerung, daß die meisten unserer Landschaftsformen durch Rückwandern der Eintiefungsfolgen vom Meere gestaltet worden sind, oft bis in die feinsten Einzelheiten, ist durch diese Arbeit somit als völlig zutreffend erwiesen. Dabei sind auch hier die alten Formen viel besser erhalten. Es scheint sonach ein allgemeiner Zug zu sein, daß die ersten Anstiege — ruckweise — nach längeren Unterbrechungen, der spätere Anstieg dagegen in rascherem Tempo vor sich ging, gewissermaßen hastiger wurde. Einmal aus der Ruhe gebracht, konnten geringfügige Wirkungen die Scholle in Bewegung setzen. Daher konnten die Talformen dieses Abschnittes nicht sorgfältig ausgebildet werden.

Nicht ganz so klar wie in der Arbeit R o d e s erhellen die in Frage stehenden Eigenheiten der Erosionstäler aus einer Arbeit H. L e m b k e s (1931). Zwar findet auch er, daß „die flachen Talformen des Oberlaufes der einzelnen Gerinne bald durch steilere und immer steilere Formen ersetzt werden“. Aber er vermag „diese Gefällsknicke in den verschiedenen Tälern nicht gesetzmäßig miteinander zu verknüpfen“. Woran diese unbedingte Notwendigkeit scheitert, wird leider nicht gesagt. Beobachtungsmaterial dazu dürfte aber doch vorhanden sein.

Wenn auch ebenfalls ungeklärt, so ist doch folgende Feststellung äußerst wichtig: auf eine fast 1000 m breite Fläche, 1300 m hoch, nur schwach geneigt, von nur 10 m tiefen Talmulden zerschnitten, geht ein enges, mehrere hundert Meter tiefes Gebirgstal mit konvexen Hängen aus. Tief unterhalb der 1300 m hoch liegenden „Stufe“ verläuft parallel eine zweite „Stufe“, fast eben, von Tälern 400 bis 800 m tief zerschnitten. Diese Täler sind schon fast auf den Meeresspiegel eingestellt, haben steile konvexe Hänge und eine 200 m breite Talsohle.

Es ist klar, daß hier eine Störung in der Entwicklungsgeschichte des Landes vorliegen muß; denn das auf eine höhere Fläche ausgehende „Gebirgstal“, mehrere hundert Meter tief eingeschnitten, ist eng, in der Fläche selbst sind nur 10 m tiefe Talmulden; die fast auf den Meeres-

spiegel eingestellten Täler dagegen, in die (untere) Fläche 400 bis 800 m tief eingeschnitten, haben bis 200 m breite Talsohlen. Eine Auswertung dieser im höchsten Grade merkwürdigen und geländekundlich sicher wichtigen Tatsachen findet leider nicht statt.

Da auch weitere in Frage kommende Arbeiten aus den verschiedensten Gebieten und von verschiedenen Verfassern stammen, darf wohl die Folgerung gezogen werden, daß die in der Ö. A. angewandten Methoden der Landschaftsanalyse einer offenbar notwendigen Entwicklung entsprechen. Allerdings muß beigefügt werden, daß in streng systematischer Weise diese Art der Landschaftsanalyse noch selten angewendet worden ist. Meist sind nur einige der oben erwähnten Formeinheiten des Erosionstals durchgängig verfolgt, oft nur die eine oder andere davon. Dabei stehen manche Arbeiten noch auf dem Standpunkt der alleinigen Anwendung der Leistenfläche zur Wiederherstellung alter Landschaften und wenden immer noch gelegentlich nur eine Höhenzahl, noch dazu unbekanntem Ursprungs, an.

Diese Zustände haben R. Leutelt (1930) zu einer ernsten Kritik veranlaßt. „Zur Rekonstruktion alter Landoberflächen bringt man Kriterien in Anwendung, über die sich in den einschlägigen Untersuchungen keine zusammenfassenden theoretischen Angaben finden. Die praktische Zusammenordnung z. B. der Flurreste erfolgt auf Grund dieses oder jenes ausgesprochenen oder angedeuteten Argumentes“. Da jedoch von dem Wert dieser der Wert der Arbeit abhängt, so wäre gerade darauf großes Gewicht zu legen. Von der Klarheit und Vollständigkeit der nutzbaren Kriterien hänge der Wert der auf sie gegründeten Parallelisierung von Flächenresten ab. „Je mehr nur eines der Kriterien verwendet oder in den Vordergrund gerückt wird, desto mehr leidet die Eindeutigkeit der Ergebnisse, desto mehr divergieren sie voneinander, falls mehrere Untersuchungen des gleichen Gebietes vorliegen.“

Aus dieser Einschätzung der Kriterien, deren Wert und Wesen Wert und Wesen jeder morphologischen Arbeit bedeuten, schlägt Leutelt folgende Untersuchungsmethoden vor.

Die ununterbrochene Verfolgbarkeit einer Flur. Als Beispiel ist das Silltal angeführt. „. . . an beiden Flanken zieht jene Hangflur talein, die allgemein als Innsbrucker Mittelgebirge bezeichnet wird. Sie läßt sich ununterbrochen verfolgen. Die junge Ausnagungsschlucht der Sill, mit größerem Gefälle als das Mittelgebirge, findet schließlich ihr Ende in dessen Höhe bei Matrei. Es wird mit dem längs der rechten Talflanke hereinziehenden Mittelgebirge der Talboden erreicht. Das bisherige Mittelgebirge und der vollerhaltene Talboden sind somit Bestandteile derselben alten Taloberfläche.“

Das Überleiten der Leistenflächen in die vollerhaltenen Formen stellt Leutelt auch im Stubaital fest und sagt dann: „Wir haben also Talböden und Hangfluren auf Grund ihrer ununterbrochenen Verfolgbarkeit zusammenstellen können zu einem Niveau.“

Leutelts „vollerhaltene Talböden“ sind die Talböden unserer vollerhaltenen Formen, die „Hangfluren“ unsere Leisten, der „ununterbrochene Verfolg von Talböden und Hangfluren“ ist unser Verfolg des Übergangs der Leistenfläche in die vollerhaltene Form. —

Dieser erste Grundsatz, den Leutelt für die Rekonstruktion alpiner Landoberflächen aufstellt, deckt sich also mit dem wichtigsten Grundsatz der Ö. A. „Eine letzte Verankerung endlich wurde für die Restformen durch ihr Überleiten in die vollerhaltenen Formen gefunden“ (Vorwort).

Über den Wert dieser Grundsätze sagt R. Leutelt — und auch hier kann ihm nur voll beigestimmt werden —: „Alle jene Arbeiten, die über große Gebiete hinweg, ja etwa die gesamten Ostalpen, Landoberflächen in Systeme zu ordnen versuchen, können sich natürlich nicht auf dieses Argument stützen; denn die morphologische Einzeluntersuchung umfaßt erst sehr bescheidene Teile der Ostalpen. Da dieses Kriterium aber das einzige ist, das für sich allein angewendet, völlig evident ist, laufen diese Versuche Gefahr, durch die regionale Einzelbearbeitung (eben die ununterbrochene Verfolgung) berichtigt zu werden.“ —

Die gleiche Ausbildung. Darunter versteht L. zunächst die Breite, allerdings nicht des Systems, sondern der Leistenflur, deren Erhaltung ja ein Zufallsergebnis ist; dazu kommt das Gefälle der Leistenflur gegen die Talmitte, das „Quergefälle“, endlich das Vorhandensein von Fluren, „die in sich mehrfach gestuft sind, während andere eine solche Stufung nicht aufweisen. Solche Stufungen würden auf weiträumige Schwankungen um kleinere Beträge während einer verhältnismäßigen Ruhezeit hinweisen“. —

Die Systembreite — einen der wertvollsten Bestandteile der Talanalyse — zieht L. noch nicht heran; sein „Quergefälle der Leistenflur“ und unsere Schräge der Leistenfläche (und des Talbodens, Diwald, 1925), die „Stufung im Querschnitte“ und unsere Gliederung eines Systems in System Berg und Tal decken sich. —

Dieselbe relative Höhe. Gleichheit der Höhe an sich gibt nicht das Recht, einzelne Flurenstücke zusammenzufassen. „Die Möglichkeit einer ziemlich eindeutigen Lösung gibt die Untersuchung der verschiedenen relativen Höhenabstände der gesamten Stockwerkreste eines Talquerschnittes.“ Selbst bei eingetretener Schollenbewegung, durch die z. B. das tiefste Flurensystem in die Höhe des zweiten gekommen ist,

wird sich der hier mögliche Irrtum vermeiden lassen, wenn der Höhenunterschied aller Flurensysteme auf beiden Talflanken gleich ist. Als ziffernmäßigen Beleg an Stelle der Fig. 1 (S. 296) sei folgende Annahme angeführt: Die Flurenstücke der linken Talseite liegen 35, 100, 120 und 210 m; die der rechten 95, 160, 180 und 270 m. Dann sind die relativen Höhenunterschiede auf beiden Seiten gleich: 65, 20, 90. Bei Annahme einer unveränderten Höhenlage links ergibt sich aus der Höhenlage rechts eine Hebung dieser Talseite um 60 m.

In der Ö. A. ist dieser Grundgedanke durchwegs angewandt, und zwar besonders in weit voneinander entfernten Vergleichsgeländen (S. 51) und bei der Analyse bewegter Schollen (S. 89, 95 f.). Über einen solchen Fall wurde weiter oben ausführlicher berichtet (S. 167 f.). —

L. verbindet aber zur Höhenbestimmung die unteren Ränder der zusammengehörigen Leistenflächen. Das ist nur dann erlaubt, wenn die Fluren eben sind. Bei ihrer fast regelmäßigen Schräge können sich jedoch daraus Fehler ergeben. Die Verwendung der Hangflächengrenze, welchen Begriff L. nicht heranzieht, verhindert diesen Irrtum.

Die selbe absolute Höhe. Sie ist nur dann verwendbar, wenn zu verbindende Verflachungsreste (= Restformen) zwischen zwei gut ausgebildeten Fluren in gleicher absoluter Höhe vorkommen. —

Die in der Ö. A. festgestellte Tatsache, daß die einzelne Eintiefungsfolge in Haupt- und Nebentälern auf nahezu gleiche Höhe zurückgreift, daß also die Eintiefungsenden einer Folge in den verschiedenen Tälern bei der Nichtstörung der Landschaft gleich hoch liegen, hat seitdem W. Penck (1924) gleichermaßen festgestellt. Auch andere erarbeitete Gesetzmäßigkeiten hat P. am gleichen Orte nachgewiesen, und zwar: den Stufenbau der Erosionstäler; an einer Stufe geht jeweils ein Talteil zu Ende, der im Querschnitt eine eigene Breite, wie Hangbeschaffenheit hat; talauf werden diese Breiten immer größer; jeder solchen Form eignet eine bestimmte Tiefe, die auch in den von P. bearbeiteten Gebieten talauf größer wird; einzelne dieser Formen führen aus dem Haupt- ins Nebental.

Die Klammern. Die Entstehung der Klammern in der Ötscherlandschaft wurde aus der Hebung zu erklären versucht; auch die Ötschergräben, die einer Aufwölbung im Scheitel ihr Entstehen verdanken.

Hinsichtlich der Ötschergräben stellt O. Ampferer (1930, S. 53 f.) das Vorkommen zweier Formen übereinander fest, sowie ich es in der Ö. A. tat; die Furche des unteren Ötschergrabens folgt mehreren untereinander ziemlich parallelen Schubflächen; oberhalb von ihr treten seitlich zermürbte Werfener Schiefer auf, die Schlucht ist also in sie eingezwungen; es sind daher „sowohl die Strecke des unteren Ötschergra-

bens als auch die in ihrer Fortsetzung liegende Strecke der Erlaufklamm ganz deutlich von Verwerfungen vorgezeichnet“ (S. 55); diese Vorzeichnung war „offenbar für die ganze Anlage und den Verlauf der so tief eingeschnittenen Klammern entscheidend“; dabei „zeigen die Profile . . . eine Vertikalverschiebung an“.

Beide Formen am Ötscher-Erlaufgraben — der Graben selbst und die reifere, wohl dem Miocän angehörige Form beiderseits oberhalb von ihm (Gr. Lassingbachsystem) — sind also tektonisch bedingt. In den zeitlich weit auseinanderliegenden Schollenbewegungen zeigt sich das in der letzten Zeit wiederholt erwiesene Gesetz, daß bei neueintretenden gebirgsbildenden Vorgängen alte tektonische Narben als Zonen geringsten Widerstandes wieder aufbrechen. Dabei mußte sich die Aufwölbung im Raume Ötscher-Gemeindealpe, die sich aus meiner Analyse der Formen ergeben hat, in der Längsachse als Vertikalverschiebung, wie sie die Ö. A. feststellte, auswirken. — Eine wichtige Rolle beim Aufstieg des Geländes kommt dabei oft der Ausräumungsarbeit durch die Flüsse zu (K. Diwald, 1921, S. 329; O. Ampferer 1925; H. Kienzl 1930).

Vierform oder Vielform des flußbürtigen Tales?

Die mit A. Heim beginnende Analyse der flußbürtigen Tallandschaft hat sich bereits einen großen Erfolg sichern können. In dem Augenblick, wo das Wesen dieser Landschaft erfaßt war, konnte der Analyse einer glazialen Einfluß ausgesetzten Tallandschaft von einem anderen Standpunkt aus näher getreten werden. Damit ist ein in sehr großem Ausmaße erfolgter Umbau des Begriffes „Glazialerosion“ erfolgt. Hierüber macht F. Machatschek (1936) folgende Bemerkung: „Die glazialmorphologische Literatur der Berichtszeit zeigt allgemein die Neigung zu einer geringen Bewertung der Bedeutung der eiszeitlichen Vergletscherung für die Ausgestaltung des alpinen Reliefs¹.“

Dabei wird eine für die nächste Zukunft äußerst wichtige Angelegenheit der Geomorphologie aufgezeigt: „Viele Arbeiten behandeln die Erosionsstockwerke oder Eintiefungsfolgen in gewissen Alpengruppen, die z. T. noch in das Eiszeitalter fallen, über deren Zahl aber sehr verschiedene Ergebnisse gezeitigt wurden.“

„Über deren Zahl aber sehr verschiedene Ergebnisse“, oder klar gesagt: Vierform oder Vielform?

Inwiefern der Gegensatz noch zum Teil auf die Glazialerosionstheorie zurückgeht, die die Hauptformen hochalpiner Täler zum größten Teil in den vier Eiszeiten entstehen ließ, ist unwesentlich. Tatsächlich aber

¹ Hiezu K. Diwald (1926, 1927) und J. Sölch (1935, S. 182).

billigt heute noch eine große, vielleicht größte Gruppe von Forschern diesen Tälern auf hundert und mehr Kilometern 3—5, durchschnittlich also 4 Formen zu, die in den Zwischeneiszeiten und der Nacheiszeit entstanden. Belege hierfür zu geben, ist wohl unnötig.

Die Vielzahl der Formen eines Tales dieser Landschaften wird von dieser Gruppe abgelehnt. Meine 22 Eintiefungsfolgen im Rosammtal (1927), die 20 Eintiefungsfolgen im Zillertal und seinen Seitentälern, über die F. L a m p r e c h t (1933) berichtet; die 25 Systeme (die letzten 6 gehen auf den Einbruch des Bodensee-Raumes zurück), die E. N e e f (1933) im Bregenzer Wald feststellte; die 8 Flächensysteme H. B ö r n e r (1931) unter dem Firnfeldniveau, wobei noch niedrige, flußbürtige Stufen im Paznaun gefunden wurden — alle Ergebnisse dieser Art werden abgelehnt.

Dabei wird immer noch das Wesen dieser Arbeiten, die zur Rekonstruktion der Flächensysteme außer Leistenflächen (teilweise auch Eckfluren) noch rezente Talböden, die in Stufen übereinander folgen und sich meist unmittelbar durch Leistenflächen (Talkanten) nach abwärts fortsetzen, nicht berücksichtigt.

Daß zu diesem Aburteil wieder ein schweres Übersehen mitwirkt, ergibt sich aus folgendem: J. S ö l c h (1935) schreibt: „Es ist ein gewagtes Verfahren, etwa aus der Anzahl der Stufen eines Tales auf eine ebensogroße Anzahl von ‚Eintiefungsfolgen‘ zu schließen.“

Wie konnte das Wesentlichste der Untersuchungsmethode übersehen werden? Das Wesen besteht doch darin, daß der Übergang des Talbodens (= v. e. Form) talab in seine zerschnittenen Teile, in seine Leistenflächen, maßgebend ist für die Feststellung einer Eintiefungsfolge. Erst wenn dies in irgend einer Weise möglich ist, werden in zusammengehörigen Tälern Stufen — Stufen gibt es ja verschiedenen Ursprunges — dazu verwendet, um in ihr das Ende einer tieferen Talform zu finden. — Und ein zweiter Wesenszug ist der Begriff Systembreite (= Breite der Eintiefungsfolge). Wenn die Breite der an einer Stufe endigenden Talform gering ist; die über der Stufe liegende Form breiter; die oberhalb der sie abschließenden (2.) Stufe entwickelte Form noch breiter ist, usw., erst dann finden wir das Recht, auch im e n g f ö r m i g e n Talquerschnitt, wo Restformen fehlen, auf Eintiefungsfolgen zu schließen. Wieder ist die Stufe nur ein Teil des Beweismaterials. Nur die G e s a m t f o r m als solche gilt.

Und noch ein dritter Wesenszug dürfte dabei übersehen werden: nur wenn in den zugehörigen Seitentälern die gleiche Formenwelt in entsprechender Höhenlage feststellbar ist, dann erst wird ein Talformteil zur Eintiefungsfolge zusammengefaßt. —

J. Sölich spricht nun weiter, daß wir einen „an und für sich richtigen Gedanken . . . ad absurdum führen; Anzeichen für diese Gefahr liegen jedoch bereits vor — z. B. in den ‚Eintiefungsfolgen‘, die Diwald oder Lamprucht¹ in ihren Arbeiten festgestellt haben wollen.“ —

Nun — eine Vierform im Großtal zu finden, ist sicher ertragreicher, gestattet weite Räume zu umfassen. Die Vielform zwingt zu Vielarbeit in einem engen Raum, bietet große Schwierigkeiten auch physischer Art und stellt immer eine Menge neuer Probleme auf. Hiezu gehört z. B. die Frage, inwieweit Eintiefungsfolgen auf den ruckweisen Landaufstieg; inwieweit Klein- und Kleinstformen auf durch andere Kräfte geschaffene neue Erosionsbasen zurückzuführen sind; dann die Frage, wie jene Talstrecken verstanden werden können, wo die ihr zugehörige Breite talab nicht verfolgbar ist, selbst wenn die in flußbürtigen Tälern hervorgerufene Einsenkung des Talbodenteils knapp oberhalb der Stufe nicht aus Höhe und Form des sperrenden Riegels und nicht aus Veränderung des Gesteinswiderstandes zu erklären ist; Verhältnis der v. e. Form zur Restform in bezug auf die Verschiedenheit von Aktivität und Passivität; dann die oft eigenartige Entwicklung des Verbindungsgrabens, namentlich dann, wenn er bei genauer Untersuchung selbst aus sehr verschiedenen Formen besteht (Talengen als Reihe von Verbindungsgräben; ihre Bedeutung als Serie); oder das Problem, das von H. Lambke aufgezeigt wurde. Auch Befunde A. Aigners (1925) haben eine Reihe sehr ernster Fragen gestellt; vor allem die Eigenart der Sedimentfolge am Ostrande der Alpen; Auswirkung der Gebirgshebung am Gebirgsrand; ebenso J. Stinys (1925) Nachweise (Vorkommen von ausgeglichenem und unausgeglichenem Tallängsprofil an verschiedenen Seiten eines Gebirges); endlich bei Auftreten von Zwischeneintiefungsfolgen ist festzustellen, auf welche lokale Ursachen sie zurückzuführen sind.

Und an welche Schwierigkeit führt bei dieser Untersuchungsart der Nachweis, daß ein Schollenteil stärker gehoben wurde? Eine weitgehende Abänderung des Formenschatzes der entsprechenden Talstrecken muß vor sich gegangen sein; hierauf habe ich noch einmal aufmerksam zu machen versucht (1932).² Bei der großzügigen Talanalyse, wo häufig weit voneinander entfernte Leisten nach einer gewissen Auffassung verbunden werden, geht dies alles wesentlich leichter.

¹ Warum nicht auch Neef, Rode usw.?

² Aber noch immer scheint es häufig vollkommen zu genügen, „Hebungen“, „Senkungen“, „Aufwölbungen“ ausschließlich auf ein paar Höhenzahlen zu stützen!

Besonders erleichtert auch die Talanalyse, das Nichtverwenden des Begriffes Systembreite. —

Wer heutige Strandgebiete untersucht hat, der weiß, daß selbst der ruckweise Landaufstieg sich sehr häufig in geringem Höhenausmaß vollzogen hat. An der Riviera di ponente liegt z. B. die tiefste Strandterrasse oft nur 10 bis 12 m über dem Meer. Auf sie gehn Tälchenformen aus, häufig nach unten zu mit einer Stufe zum fortsetzenden Graben abfallend. Da sind also schon zwei Eintiefungsfolgen in einer Höhe von 10 bis 12 m. In der Umgebung Wiens hat H. Hassinger (1905) am Anninger über 10 Strandterrassen nachgewiesen. Und wer die „Stadtterrasse“ Wiens analysiert, der findet in ihr eine Untergliederung, die für die Stadtentwicklung äußerst wichtig war. In der Roma antiqua wurde die sogenannte Servianische Stadtmauer oberhalb von Tälchenstufen angelegt, und zwar oberhalb der Enden von Eintiefungsfolgen, deren Talformen nur wenige hundert Meter lang sind. Ja sogar das Eintiefungsende hat der Römer hier mit einem eigenen Ausdruck bezeichnet: *clivus* (= *lehnan*); *clivus suburrus*, *clivus Patricius*. Dort, wo durch Zusammenfallen zweier Eintiefungsenden der Anstieg bedeutender ist, bezeichnete er diese Form als *clivus longus*. Und wo eine ganz enge Eintiefungsfolge vom Palatin herab zur Strandterrasse — auf ihr ist hier die Servianische Mauer aufgebaut, immer fälschlich als „in halber Höhe des Hanges“ bezeichnet — führt, entstand die Stiege des *Cacus*.

Diese Mikrogeomorphologie — als „Übertreibung“ bezeichnet — sie gibt in sehr vielen Fällen erst ein Verstehen für das Werden des menschlichen Lebens, für die Anlage seiner Siedlungen (Diwald-Baumann, 1936), die verschiedene Wertung gleicher Bodenart in landwirtschaftlicher Hinsicht. Sie ist imstande, für die Lösung technischer Fragen Behelfe zu bringen (K. Diwald, 1931).

Daher bleibt denen, die für die Vielfalt des Tales sind, nur eines übrig: ein Weiterarbeiten, um Ausbau zu erreichen und Fehlermöglichkeiten durch Spezialuntersuchungen zu vermeiden. —

Dabei wäre ein gewisser Ausgleich zwischen den scheinbar so entgegengesetzten Auffassungen hinsichtlich der Frage, ob eine Vierform oder Vielfalt des flußbürtigen Tales gibt, möglich.

Leider ist auch hier wieder ein Wesenszug der zweiten Analysenart übersehen oder nicht beachtet worden. Schon 1926 (K. Diwald, S. 22) ist der Längsschnitt durch einen Talraum (ebda, Abb. 1) in fünf Systemgruppen von Eintiefungsfolgen gegliedert. Die erste umfaßt am Talausgang eine Reihe von Formen, die kurz sind und mit einer höheren Stufe enden. Die zweite wird dadurch gekennzeichnet,

daß die Eintiefungsfolge größere Länge, aber schon etwas geringere¹ Tiefe haben. Bei der dritten Systemgruppe nehmen die Stufen bedeutend ab, dafür aber hat selbst die Länge der v. e. Formen (= Talböden) ganz außerordentlich zugenommen. In der Zeichnung konnte dies nur teilweise zum Ausdruck kommen, aber in der Unterschrift heißt es: „Systemgruppe 3 der Länge nach stark gekürzt.“

Die tatsächliche Analyse ist beim Rosannatal durchgeführt (1927; besonders Tabelle S. 74: Übersicht über die Systeme im Fasultal, Rosannatal, Moostal).

Das Fasultal umfaßt die Systemgruppen III—V: die dritte: Raum der größeren Systemlängen; die vierte: Raum der großen Stufen, mit 4 Eintiefungsfolgen; die fünfte: Firnfeldniveau, mit 3 Eintiefungsfolgen.

Im Rosannatal sind fünf Systemgruppen (I—V) nachweisbar. Die erste ist die Klammzone mit 8 Eintiefungsfolgen.

Bei ihnen gibt es eine untere Verbindungsgrabenreihe (Eintiefungsfolge 2, 3) von 1360 bis 1400 m; dann noch eine obere (Eintiefungsfolge 8) von 1510 bis 1610 m.

Die zweite Systemgruppe, Raum der (noch) größeren Systemtiefen, umfaßt sowie im Fasultal und Moostal nur eine Form.

Die dritte Systemgruppe, Raum der größeren Systemlängen, umschließt die Eintiefungsfolgen 10 bis 15.

Dabei sind wieder zwei Formen (13, 14) nur als Verbindungsgräben entwickelt. Die Länge der v. e. Formen beträgt bei der Eintiefungsfolge 10 . . . 1000 m, bei 11 . . . 1100 m, bei 15 . . . 1010 m; bei den übrigen 600, 300, 100 m. Die Stufenhöhe (Gefällsverteilung) schwankt zwischen 15 und 35 m; die Systembreite — die Verbindungsgräben ausgenommen — zwischen 150 und 300 m (200, 280 —, 150, 300 m). Auffallend ist dabei, daß talauf die Breite nach dem Alter der Eintiefungsfolgen nicht durchwegs zunimmt. Dieses Abweichen von der Regel scheint wenigstens teilweise mit der Systemtiefe zusammenzuhängen: Eintiefungsfolge 10 ist 25 bis 38 m höher als E. F. 9; Eintiefungsfolge 11 hingegen 90 bis 120 m höher als die Form 10. — Die Form 13 ist am unteren Ende stark verschüttet. Bei 14 und 15 ist die Stufe stark niedergeschliffen.

Im Fasultal fehlt Systemgruppe I und II, weil es oberhalb dieser Systemgruppen ins Rosannatal mündet. Die Länge der v. e. Form wächst im Fasultal von 1100 auf 1250 m (wieder die Formen 11 und 15); bei den übrigen umfaßt sie 600, 300, —, 110 m. Die Stufen sind höher als im Rosannatal (40, 29, über 40, aber stark abgescrägt; 40, 35 m). Da die Höhenlage der Systeme in beiden Tälern fast genau gleich ist, ist das Gefälle der Talböden im Fasultal etwas geringer.

Die vierte Systemgruppe, Raum der großen Stufe, hat nur

¹ Nur in Bezug auf die ganz niedrigen Stufen der 3. Gruppe wird die 2. Gruppe mit (noch) höheren Stufen bezeichnet.

2 Formen ,16 und 18; Form 17 fehlt ganz; Form 18 ist nur in einer Restform erhalten. Dafür ist das Eintiefungsende vor 18 . . . 165 m hoch; bei 16 nur 5 m.

Im Fasul sind alle 4 Formen erhalten und ihre Stufen sind ebenfalls höher als im Rosannatal: 45, 30, 69, 140 = 284 m. Deswegen sind auch in dieser Systemgruppe des Fasultals die Talböden ebener.

Das Nebental hat also reifere Formen. Eine Erklärung hiefür dürfte vielleicht darin zu suchen sein, daß das Rosannatal von der Systemgruppe III aufwärts (Form 15) ehemals über das Winterjöchel (voller Talquerschnitt, 1500 m breit, mehrere hundert Meter lang und fast eben, gleich breit, Hangflächengrenze 2020—2040 m hoch, durch eine tiefe Form, 1890 m hoch, vom Silbertal her angeschnitten, S. 35 und Abb. 6) ins Silbertal hinausging. — Vielleicht hat das Fasultal auch eine stärkere Vergletscherung in der Eiszeit gehabt.

Die fünfte Systemgruppe, das Firnfeldniveau, umfaßt 3 gut ausgeprägte Formen (20—22) in 2500, 2600, 2700 m Höhe bei einer Breite von 700, 800 bis 1000 und 1300 m. Hier ließ sich an stehengebliebenen Restformen, im Zwiesel als Eckfluren erhalten und daher der Gletscherwirkung, insbesondere der Rückwitterung weniger ausgesetzt, ein Maß der glazialen Einwirkung abschätzen.

Bei Form 21 beträgt die Vertiefung r. 100 m; Karrückwitterung 200 m; bei Form 22 Tieferlegung r. 250 m, Karrückwitterung 100—300 m; Breite der Formen 700, 800—1000, 1300 m.

Im Fasultal ist die Breite der einzelnen Systeme zum Teil wesentlich größer: 700, 1500, 2400 m. Bei dieser letzten Form, Eintiefungsfolge 22, ließ sich eine Rückverlegung des Hanges bis zu 600 m feststellen. Deshalb ist ihre Breite so übergroß. Die Formenhöhe liegt in 2480, 2600, 2780 m.

Beim Moostal beginnt die Klammzone erst mit der Folge 6 (Mündungsraum); Eintiefungsfolge 8 besteht fast nur aus Verbindungsgräben; eine Form darunter weist wegen der hier beginnenden plötzlichen Abnahme der Geländehöhe eine stattliche Breite auf.

Die dritte Systemgruppe umfaßt ebenfalls die Formen 10 bis 15, wobei wieder die Form 13 nur als Verbindungsgraben vorhanden ist. Die Länge der Formen 10 und 11 (sie sind durch keine Stufe getrennt; 10 hat keinen ausgesprochenen Talboden, erst in 1720 m Höhe stellt sich ein solcher in 800 m Breite ein; deshalb von hier ab eigene Form) beträgt 1800 m; bei Form 12 . . . 500 m; am größten ist sie bei der Eintiefungsfolge 15 . . . 1200 m.

Die vierte Systemgruppe läßt nur 2 Formen erkennen: 16 und 19; dafür beträgt die Stufe zwischen ihnen 250 m Höhe; Breite 200 und 700 m.

Die fünfte Systemgruppe umfaßt die Formen 20 bis 22; Höhe

2480, 2600 (unterer Rand 2558); über 2700 (ebenfalls vom Eis zum größten Teil tiefegelegt). —

Daß ein Untergliedern der hier angeführten Systemgruppen möglich ist, dafür lassen sich außer den eben angeführten Belegen von anderer Seite her Beweise anführen.

Die Systemgruppe V, das Firnfeldniveau, besteht aus mehreren Formen und stellt nicht ein Niveau dar: dies ist bereits allgemein anerkannt. Daß der Begriff Klamm, die Systemgruppe Klamm, auch keine Einheit ist, dafür möchte ich auf eine Schilderung über die Weichtalklamm aus dem Spezialführer auf den Schneeberg von F. Benesch (Wien, 1908, S. 74 f.) hinweisen.

Die Klammstrecken sind (s. o. S. 163 f.) Verbindungsgräben, vor ihnen liegen ausgesprochene, fast ebene Talteile. B. gedenkt ihrer, wenn er sagt: „wir treten in den Wald . . . , gehn wieder in dem Wald weiter bis . . . ;“ einmal sagt er ausdrücklich . . . „wo der Weg, die Grabensohle verlassend“; und einleitend berichtet er vom Wechselgraben, daß „den stundenlangen Zug des Grabens wasserlose Klamm . . . an acht Stellen auf das angenehmste unterbrechen.“ Und (S. 76) — auch die Reifform dieses Tales hat er erfaßt, indem er beim Aufstieg zum Klosterwappen erwähnt: „über einen niederen Riegel r. in einen seichten Graben (dieser ist die Fortsetzung des Weichtals ober den . . . Wänden).“

Ein Weiterausbau der Talanalyse ist überdies umso dringender, als in wahren und übertragenem Sinne der Boden unter unseren Füßen schwankt: die immer mehr erkannte und gewürdigte Unruhe der Erdoberfläche gefährdet die Ergebnisse geländekundlicher Untersuchungen. Eine Umstellung der in Betracht kommenden Methoden ist daher eine Forderung dringender Notwendigkeit. — Befunde und nicht allein Erwägungen, deren unheilvoller Einfluß Jahrzehnte hindurch geltend war, soll das Signum sein.

Schriftenverzeichnis.

- Aigner, A., Die geomorphologischen Probleme am Ostrande der Alpen, Ztsch. Geomorph. 1925.
 — Über die Entstehung der Hochgebirgsformen in den Ostalpen; Ztsch. D. Ö. A. V., Bd. 46, 1915.
 Ampferer, O., Geologische Erscheinungen in der Umgebung und beim Bau des Ybbstalkraftwerkes; Vhdlg. Geol. B. A. 1930.
 — Über einige Beziehungen zwischen Tektonik und Geomorphologie; Ztsch. Geomorph. 1925/26.
 — Über größere junge Formänderungen in den nördlichen Kalkalpen; Ztsch. Geomorph. 1925.
 Börner, H., Vergleichende Talgeschichte des Montafon und Paznaun; Z. Geomorph. VI, 1931.

- Diwald, K., Morphogenese der Ötscherlandschaft; Wien, 1921.
- Neue Grundlagen zur praktischen Analyse der Landschaft; Die Eiszeit, Bd. I, 1924.
- Richtlinien bei der Landschaftsanalyse; ebda., Bd. II, 1925.
- Die Schräge der Talsohle; Peterm. Gg. Mitt. 1925.
- Glazialmorphologische Probleme in ihrer Beziehung zu der Lehre von den Eintiefungsfolgen; Die Eiszeit, Bd. III, 1926.
- Die Lösung hochalpiner Formen (Morphogenese des oberen Rosannagebietes und ihre Beeinflussung durch die Eiszeit); Die Eiszeit, Bd. IV, 1927.
- Die Führung von Verkehrslinien in ihrer Abhängigkeit von der Morphologie des Tales; Ztschr. „Geologie und Bauwesen“, 1931.
- Zur Diagnose von Hebungsräumen; ebda., 1932.
- Diwald, K.—Baumann, E., Österreich, Länderkundliche Darstellung, 1936.
- Gogarten, E., Über alpine Randseen und Erosionsterrassen, im besonderen des Linthtales; Peterm. Mitt., Ep. Ht., Nr. 163, 1910.
- Hassinger, H., Geomorphologische Studien aus dem inneralpinen Wiener Becken; Pencks Geogr. Abh. VIII/3, 1905.
- Die Mährische Pforte und ihre benachbarten Landschaften; Abh. W. Gg. G. 9, 1914.
- Heim, A., Erosion im Reußtale; Jb. Schw. A. C., 1879.
- Hilber, V., Die Taltreppe; 1912.
- Klebersberg, R. v., Südtiroler geomorph. Studien, II., Höhen zwischen Eisack und Sarntal, Hauptoberflächenformensysteme; Vhdl. G. B. A., 1922.
- K. Diwalds glazialmorphologische Forschungen und Anschauungen; Ztsch. Gletscherkde., XVII, 1929.
- Kienzl, H., Flußgeschichtliche und geomorphologische Untersuchungen über die Feldaistsenke; Ztsch. Geomorph., 1930.
- Lamprecht, F., Die Talformung des Zemsergrundes im Zillertal und seinen Seitentälern; Dresdener Ggr. Studien, 1933.
- Lehmann, O., Beiträge zur gesetzmäßigen Erfassung des Formenablaufs bei ständig bewegter Erdrinde und fließendem Wasser; Mitt. Geogr. Ges. Wien, Bd. 65, 1922, erschienen Nov. 1923.
- Lembcke, H., Beiträge zur Geomorphologie des Aspromonte; Ztsch. Geomorph. 1931.
- Leutelt, K., K. Diwalds morphologische Arbeiten; Geol. Rdschau., XX, 1929.
- Zur Rekonstruktion alter Landoberflächen; ebda., XXI, 1930.
- Junge Krustenbewegungen in den Alpen; ebda., XXII, 1931.
- Machatschek, F., Tal- und Glazialbildungen im oberen Inngebiet; Mitt. Geogr. Ges. Wien, Bd. 76, 1933.
- Die Literatur zur alpinen Eiszeitforschung; ebda., Bd. 79, 1936.
- Neef, E., Die Landformung des Bregenzer Waldes; Bad. Ggr. Abh., 1933.
- Penck, W., Morphologische Analyse; 1924.
- Rode, K., Geomorphogenie des Ben Lomond; Zeitschr. Geomorph., 1930.
- Sölch, J., Formung der Landoberfläche (in O. Kende, Hdb. geogr. Wiss. I), 1914/1915.
- Eine Frage der Talbildung, 1918 (Festbd. A. Penck).
- Fluß- und Eiswerk in den Alpen zw. Ötztal und St. Gotthard; Peterm. Gg. Mitt., Eg. Hft. 1935.
- Stiny, J., Gesteinsklüfte im Teigitschtal; Tschermaks min. u. petrograph. Mitt., Bd. 38, 1925.