

Ueber morphologische Arbeitsmethoden.

Von Otto Ampferer.

Mit 11 Zeichnungen.

Die Jahre nach dem großen Krieg haben wenigstens für die Ostalpen eine ganze Flut von morphologischen Arbeiten gebracht.

In einer jüngst erschienenen Uebersicht über die Entwicklung der Alpen zum Hochgebirge versichert F. Leyden (früher F. Levi), daß die morphologische Erforschung hier erst am Anfang stehe und ein weites Neuland, eine wahre terra incognita der Schönheit unseres Hochgebirges doppelten Reiz verleihe (Geol. Rundschau Bd. XIII, Heft 1).

Eine ähnliche Aussicht auf ein weites Feld voll anziehender Probleme eröffnet J. Sölch in seiner Abhandlung über Grundfragen der Landformung in den nordöstlichen Alpen (Geografiska Annaler 1922, Heft 2) und schließlich habe ich selbst im Jahre 1915 meine Arbeit über die Entstehung der Hochgebirgsformen in den Ostalpen (Zeitschrift d. D. u. Oe. A.-V.) mit Ausdrücken innerer Befriedigung und der Lust zur Weiterforschung beschlossen.

Ich möchte auch heute von diesen Meinungen nichts zurücknehmen, doch bin ich inzwischen zu der Einsicht gekommen, daß die morphologische Forschung in mancher Hinsicht ihren Ergebnissen eine Sicherheit zuschreibt, welche zu der Unsicherheit der Methoden in einem allzu schroffen Mißverhältnis steht.

Ich möchte demgegenüber ausdrücklich auf die Bedenken und Warnungen verweisen, welche Passarge bereits im Jahre 1912 in seiner physiologischen Morphologie zum Ausdruck brachte und die auch heute noch von ihrer Bedeutung nichts verloren haben.

Indem ich mich mit den Ausführungen von Passarge und seiner vorbildlichen Art, Morphologie zu betreiben, einverstanden erkläre, kann ich mir auch jede Wiederholung in dieser Hinsicht ersparen.

Für jenen Teil der Morphologie, welcher auch den ausübenden Feldgeologen fort und fort mit seinen bald leiseren, bald lauterer Fragen nicht in Ruhe läßt, spielt die Altersbewertung der verschiedenen Teile einer Landoberfläche eine sehr wichtige Rolle.

Von vornherein wäre es möglich, daß alle Teile einer Landoberfläche dasselbe Alter besitzen würden oder, mit anderen Worten, sich die Form dieser Landschaft in gleichen Zeiten um gleiche Beträge ändern würde.

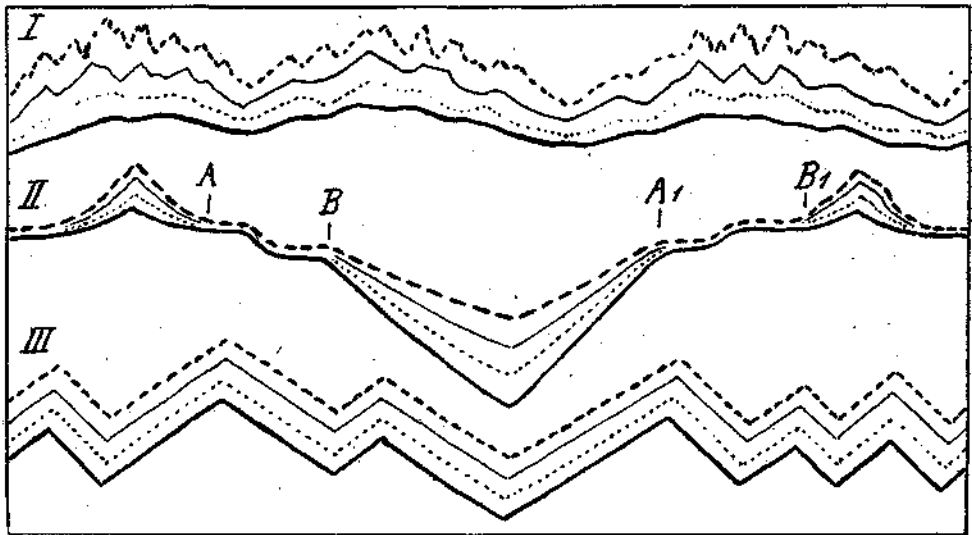
In diesem Falle wäre es nur nötig, den Landabtrag an einer Stelle für eine bestimmte Zeit genau zu ermitteln, um dann für beliebige vergangene Zeiten die dazugehörigen Oberflächen konstruieren zu können (Fig. 3—III).

Stillstehende Voraussetzung wäre natürlich tektonische Ruhe der Landschaft und Gleichbleiben der landformenden Kräfte.

Andererseits wäre aber auch eine Landschaft denkbar, in welcher sich alle Teile der Oberfläche in gleichen Zeiten ungleich verändern.

In diesem Falle würde es nicht mehr möglich sein, von der Gegenwart aus die vergangenen Oberflächen jemals wieder richtig herzustellen (Fig. 1—I).

Fig. 1—3.



3 Gruppen von Ähnenreihen, I unter der Annahme, daß alle Teile der Oberfläche sich ungleichmäßig verändern, III daß alle Teile der Oberfläche sich gleichmäßig verändern, II daß gewisse Stellen sich wesentlich weniger als andere verändern.

In Fig. II stellen die Strecken A—B und A₁—B₁ jene Teile des Querschnittes dar, die im Laufe langer Entwicklung ihre Ähnlichkeit am engsten bewahrt haben.

Die Erfahrung hat uns gelehrt, daß die tatsächlich vorhandenen festen Oberflächenstücke unserer Erde mit ihrer historischen Entwicklung zwischen diesen beiden Extremen zu suchen sind (Fig. 2—II).

Damit hat also das Problem der Altersbestimmung von einzelnen Teilen einer Landschaft eine enger begrenzte Bedeutung erhalten.

Hier sind nun gleich einige Feststellungen zu machen. Es gibt in der ganzen Landschaft, auch wenn man tektonische Ruhe voraussetzt, im allgemeinen keine Stellen, die im Laufe langer Zeiten keine Veränderungen erfahren würden.

Man hat also eigentlich nur zwischen mehr und weniger veränderlichen Stellen zu unterscheiden.

Hier hätte nun die messende Morphologie einzusetzen, welche uns über das Ausmaß und die Form des Abtrages von bestimmten Teilen einer Landschaft unter bestimmten Bedingungen in bestimmten Zeiträumen zu unterrichten hätte.

Wir besitzen auf diesem Gebiete heute noch kaum die aller-nötigsten Angaben oder es liegen solche in schwer zugänglicher technischer Fachliteratur vergraben.

Wenn man sich also auf den Standpunkt stellt, daß nur mehr oder weniger bewegliche Stellen der Landoberflächen im gleichmäßigen Ablauf der Zeit unterschieden werden können, so geht das Problem der Altersbewertung der Landflächenteile in ein „Aehnlichkeitsproblem“ verschieden alter Flächenstücke über.

Denkt man sich über einem heute gegebenen Querschnitt durch eine Landschaft jene Querschnitte wieder aufgebaut, die in gleichen vergangenen Zeitabschnitten hier verwirklicht waren, so erhält man ein Bild, das ich seinerzeit als „Ahnenreihe“ eines solchen Querschnittes bezeichnet habe.

In einer solchen Ahnenreihe sind nun die mehr oder weniger beweglichen Stellen ohne weiteres zu erkennen, je nachdem sich die „Entwicklungslinien“ enger aneinanderschließen oder weiter voneinander entfernen (Fig. 1—3).

Es ist nun klar, daß man bei einer verlässlichen Einsicht in das typische Abtragsmaß der einzelnen Flächenstücke bei der Konstruktion von vergangenen Oberflächen von beliebigen Teilen der heutigen Oberfläche ausgehen könnte und immer zu demselben Resultat gelangen müßte.

Da uns aber derzeit eine solche Einsicht mangelt, so müssen wir bei dem Versuch der Rekonstruktion alter Oberflächen von solchen Stellen ausgehen, die noch am meisten die Aehnlichkeit mit ihren Vorfahren bewahrt haben, weil wir hier die Gewähr besitzen, wenigstens innerhalb bestimmter kleiner Fehlergrenzen zu verbleiben.

Die Ermittlung dieser Fehlergrenzen bleibt für einen wissenschaftlichen Betrieb der Morphologie eine wichtige Angelegenheit.

Betrachten wir nun nach diesen einleitenden Bemerkungen die morphologischen Arbeiten, wie sie zum Beispiel über die Ostalpen derzeit vorliegen, so sehen wir gleich, daß in den meisten Fällen zur Herstellung von alten Oberflächen Terrassen, Stufen, Leisten, Knicke der Talgehänge . . . herangezogen werden.

Dabei gelten meist ohne Einschränkung gleichhohe Terrassen an den Gegenseiten eines Tales als gleichaltrig, verschiedenhohe als verschiedenaltrig.

So einfach und bequem diese Arbeitsmethode erscheint, so enthält sie dennoch eine Reihe von Fehlerquellen. Legen wir der weiteren Untersuchung eine Talform zugrunde, wie sie Fig. 4 im Querschnitt vorführt. Es ist dies ein Tal, das beiderseitig in der Höhe zwei ähnliche Felsstufen enthält.

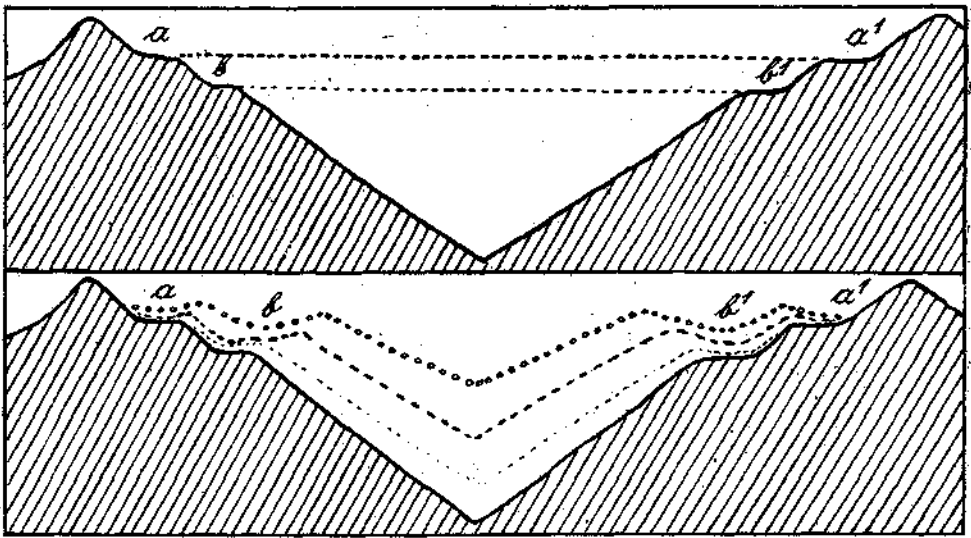
Die übliche Erklärung für diese Talform ist nun die, daß der Fluß einstens in der Höhe der oberen Terrasse, also im Niveau $a-a^1$

durch allmähliches Verschieben seiner Schlingen einen breiten, ebenen Talboden ausarbeitete. Durch eine Hebung wurde dann der Fluß gezwungen, die Seitenerosion aufzugeben und in die Tiefe zu graben. Er gelangte dabei bis in das Niveau $b-b^1$ und begann nun auf diesem wiederum seine seitlich angreifende Tätigkeit, die endlich zur Herstellung des Talbodens $b-b^1$ führte.

Die Möglichkeit einer solchen Ableitung ist nicht von der Hand zu weisen.

Sie setzt, wie schon erwähnt, sehr lange Zeiten von reiner Seitenerosion voraus, welche durch kürzere Zeiten von scharfer Tiefenerosion voneinander getrennt sind.

Fig. 4—5.



Talform mit 2 Terrassenpaaren. Ihre Entstehung wird im oberen Schema durch einen Wechsel von Seitenerosion und Tiefenerosion eines und desselben Flusses, im unteren lediglich durch Tiefenerosion von 5 Bächen abgeleitet, die sich erst allmählich zum heutigen Fluß vereinigen. Diese Vereinigung geschieht durch Unterschneidung und Anzapfung von der stärksten, mittleren Wasserader aus.

Ist die Talform entsprechend breit, so stellt das Ausnagen eines derartig breiten, ebenen Talbodens eine gewaltige und sehr unökonomische Arbeitsleistung vor und es wird zwischen der Herstellung des Terrassenstückes a und der des gegenüberliegenden Stückes a^1 eine sehr lange Zeit verfließen.

Das heißt die Terrassenstücke a , a^1 gehören zwar einem und demselben Talboden an, sind jedoch zeitlich in ihrer Bildung weit voneinander getrennt. Im ungünstigsten Falle ist die Terrasse a die erste, und die Terrasse a^1 die letzte Arbeitsleistung unseres Flusses auf dieser Niveaufläche.

Wir haben also bei dieser Erklärung strenge Gleichhöigkeit der Terrassen mit Ungleichzeitigkeit derselben verbunden.

Ja es ist wohl möglich, daß die untereinanderliegenden Terrassen einer Talseite sich zeitlich weit näher stehen als die gleichhohen gegenüberliegenden desselben Tales.

Diese Verhältnisse sind in Fig. 7 mit Hilfe eines Zeit-Raumgitters graphisch dargestellt.

Wie man weiter aus Fig. 6 erkennt, sind in einem und demselben Tale hochgelegene Terrassenpaare zeitlich viel weiter voneinander getrennt als tiefelegene.

Die Fehlergrenze bei einer zeitlichen Gleichstellung gleichhoher Terrassen wird also mit steigender Talbreite wesentlich vergrößert.

Zugleich wird aber auch die nach dieser Erklärung ergänzte Talform für die hohen Terrassen immer unwahrscheinlicher.

Während für die tieferen Terrassen (Festerrassen!) eines Talzuges die hier angeführte Erklärung überaus wahrscheinlich ist, nimmt diese Wahrscheinlichkeit bei hochgelegenen Terrassen wesentlich ab.

Bleibt man zum Beispiel bei dem Querschnitt von Fig. 4 konsequent in derselben Ableitung, so müßte der älteste noch erkennbare Talboden die zwei hier gegenüberliegenden Kammschneiden verbinden und also als Ausgangsform zumindest eine „Fastebene“ vorgelegen haben.

Damit steht man ganz in dem Ideenkreis von Davis, der bekanntlich sehr viel Anhängerschaft erworben hat. Trotzdem ist diese Ableitung weder notwendig, noch auch innerlich wahrscheinlich.

Dies tritt sofort, deutlich heraus, wenn man diese Entwicklung den umgekehrten Weg machen läßt.

Nimmt man als Ausgangsform eine Fastebene, so müßten auf dieser die heutigen tiefen Talräume schon in denselben Umrissen angelegt werden. Wir hätten nach kurzer Entwicklung bereits niedrige, relativ schmale Scheidekämme und dazwischen sehr breite Talebenen mit lebhaft schlängelnden Bächen und Flüssen.

Das ist eine höchst unwahrscheinliche Kombination, für welche mir bisher keine Verwirklichung bekannt geworden ist.

Zu derartig breiten Talsohlen gehören eben auch breite, flache Scheiderücken.

Die eben vorgeführte Ableitung erfordert auch insofern eine genaue Prüfung, weil sie auch geologisch sehr wichtige Aussagen durch die Hereinziehung der Tektonik enthält.

Es ist nun die Frage wohl berechtigt, ob die eben vorgelegte Erklärung der Terrassenreste durch seitliche Flußerosion die einzig mögliche oder die wahrscheinlichste ist.

Hier ist nun zu bemerken, daß die Wirkung der Seitenerosion oder des Verschiebens von Flußschlingen innerhalb und außerhalb eines Gebirgsraumes recht verschieden zu bewerten ist. Außerhalb eines Gebirges stehen einer solchen Schlingenverschiebung im allgemeinen nur hindernde Gesteinsriegel entgegen, innerhalb desselben kommen aber noch die Schuttkegel der meist steileren Seitenbäche hinzu.

Diese verstehen ein Gehänge gegen den Flußangriff weit besser zu schützen als ein Gesteinsriegel, wenigstens so lange, als sie genügend Schutt zu liefern vermögen.

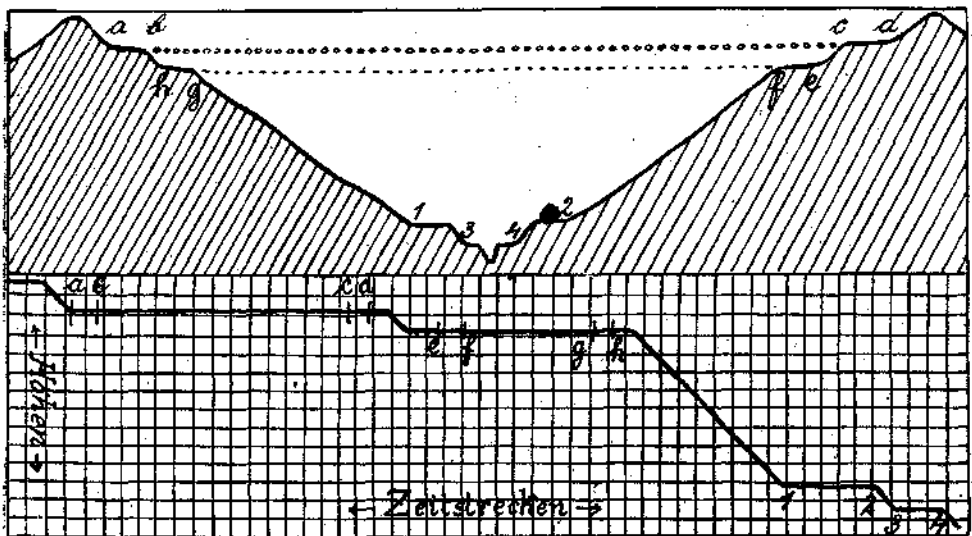
Sie legen aber auch durch ihr wechselseitiges Verschieben so ziemlich alle größeren Flußschlingen fest und verhindern so ein Wandern derselben.

Von dieser Erscheinung kann man sich so ziemlich in jedem größeren Alpentale überzeugen.

Man darf daher mit der Anwendung der Seitenerosion innerhalb eines Gebirgsraumes nicht gar zu freigebig verfahren, wenn natürlich auch die Anwendungsfähigkeit bei schwächer ausgeprägtem Relief unbedingt ansteigt.

Wenn wir also von einer extremen Anwendung der Seitenerosion als Erklärungsmittel Abstand nehmen, so können wir die Terrassen

Fig. 6-7.



Talform mit 4 Terrassenpaaren, welche durch den Wechsel von Seiten- und Tiefenerosion entstanden sein sollen.

Im unteren Schema sind im Horizontalmaß gleiche Zeitabstände, im Vertikalmaß gleiche Höhenabstände als Gitterstäbe verwendet.

Die dick ausgezogene Kurve soll das Wandern des Flusses in einem bestimmten Talquerschnitt in Raum und Zeit veranschaulichen. Die Buchstaben und Ziffern der beiden Schemas entsprechen einander.

eines Talzuges auch als verlassene seitliche Gerinne deuten, welche durch seitliche Anzapfung von der Weiterbildung ausgeschaltet wurden.

Fig. 5 gibt ein Schema dieses Erklärungsweges. Der Unterschied der beiden Erklärungsweisen — Fig. 4 und Fig. 5 — springt in die Augen und ist auch in allen Folgerungen sehr bedeutend.

Bei der ersten Erklärung ist strenge Gleichhöhgigkeit von Terrassen mit Ungleichzeitigkeit der Bildung verbunden, bei der zweiten ist strenge Gleichzeitigkeit mit einem ziemlichen Betrag von Ungleichhöhgigkeit vereinbar. Es können Talrinnen von verschiedener Höhen-

lage innerhalb eines größeren Talzuges streng gleichzeitige Gebilde vorstellen und Furchen von gleicher Höhenlage zeitlich weit getrennte Bildungen sein.

Das Kriterium der gleichen Höhenlage von gegenüberliegenden Terrassen gilt nur innerhalb eines ziemlichen Spielraumes, der um so größer werden kann, je weiter zwei zu vergleichende Terrassenreste voneinander entfernt sind.

Damit rückt die Deutung von derartigen „Altformresten“ und ihre Benützung zur Rekonstruktion alter Oberflächen in ein wesentlich anderes Licht.

Man kann nun erwarten, daß zwischen den Altformresten von zwei so verschiedenen Bildungsarten sich auch erkennbare Unterschiede festhalten lassen. Dies ist bis zu einem gewissen Grad sicherlich der Fall. Wenn wir zum Beispiel alte hochgelegene Terrassen finden, die nicht nur eine weitreichende Einebnung zeigen, sondern vielleicht auch noch mit Schotterresten bedeckt sind, welche nach ihrer Größe, Abrollung, Auswahl und Zusammensetzung nur Gebilde eines langen Flußweges sein können, so werden wir solche Terrassen nicht als Teile von relativ schmalen und wahrscheinlich auch ziemlich kurzen Seitengerinnen auffassen können. Von solchen Flächen, welche entsprechend weite Einebnungen und dazugehörige Schotterfelder noch erkennen lassen, sind mir in den nördlichen Ostalpen nur die obersten Plateaus der großen Kalkstöcke bekannt geworden.

Auch hier kann man gewiß nicht von einer völligen Einebnung reden, denn diese Flächen werden auch heute noch von ganz erheblichem aufgesetzten Kleingebirge überhöht.

Diese Meinung haben auch andere Beobachter, zum Beispiel G. Göttinger und J. Sölich ausgesprochen.

Diese Überhöhung war aber zur Zeit der Flächenebnung sicher beträchtlich schroffer und höher, da seither diese kahlen Aufragungen viel stärker erniedrigt wurden als die schwer angreifbaren Einebnungen, die zudem wahrscheinlich noch mit schützenden Hartschotterdecken bekleidet waren.

Was aber an Schultern, Furchen, Stufen, Terrassen zwischen diesen Hochflächen und den hohen Schotterterrassen der Alpentäler liegt, entbehrt nach meiner Erfahrung mit seltenen Ausnahmen der gesicherten Verbindung mit dazugehörigen Schotterresten.

Dies ist eine spezifisch alpine Erfahrung, denn unsere Studien über die Terrassen und Hochflächen zu beiden Seiten der Drina in Bosnien und Serbien haben ergeben, daß man zum Beispiel von den herrlichen Hochflächen von Tara Planina—Zlatibor über eine ganze Treppe von Stufen zur Drina herabsteigen kann, die alle noch mit ihren zugehörigen Schotterdecken wohlausgestattet sind.

In den Alpen ist dies nicht der Fall und ich schließe daraus, daß wir hier die Mehrzahl der Stufen nicht als Reste von ausgebreiteter Flußschlingenarbeit, sondern vielfach als verlassene Seitengerinne zu deuten haben.

Dazu kommen noch zahlreiche kleinere, vom ungleich fließenden Eise geschaffene Einkerbungen sowie eine Menge von Stufen und Scharfen und Knicke, die aus mehr minder leichter Verwitterbarkeit entstanden sind.

In sehr vielen Fällen spricht schon die unebene Form von solchen Terrassen und besonders ihre Rückfälligkeit weit mehr für verlassene Seitengerinne als für Flußterrassen.

Insbesondere geht das Hintergelände vieler Stufen mehr allmählich in die Stufenfur über, während der scharfe Knick, wie er einer Flußprallstelle entspricht, wohl höchst selten zu finden ist.

Einen weiteren Beweis, wie geringfügig innerhalb eines höheren Gebirges der Betrag der Seitenerosion vielfach war, sehe ich in den zwei-, drei- und mehrfachen Einsattlungen, wie wir sie beinahe als Regel an den Talscheiden treffen.

Hier haben wir deutliche Querschnitte, in denen noch die Seiterrinnen voll neben und über der tieferen Hauptrinne erhalten geblieben sind.

Gilt aber der Schluß, daß die Mehrzahl der Leisten, der alpinen Täler keine Flußschlingenarbeit darstellen, so fällt damit die Verlässlichkeit von zahlreichen morphologischen Behauptungen, die lediglich mit Hilfe der Annahme vom Vorherrschen der Seitenerosion gewonnen wurden, in sich zusammen.

Betrachten wir noch einmal Fig. 3—4, welche die zwei verschiedenen Erklärungen eines und desselben Talquerschnittes vorführen, so muß man ohne weiteres zugeben, daß die Aussage nach der ersten Methode eine reichere und auch eine bestimmtere ist. Sie zeigt uns, daß die Ausarbeitung des Talhohlraumes nicht gleichmäßig vor sich ging, sondern lange Perioden des Seitenschurfes mit kürzeren des Tiefenschurfes wechselten. Die zweite Methode gibt nur an, daß ursprünglich wenigstens drei benachbarte Talfurchen da waren. Es können aber auch noch mehr gewesen sein.

Eine Angabe, ob die Erosion ständig arbeitete oder durch Hebungen zeitweise Neubelebungen stattfanden, besitzen wir hier nicht.

Während die erste Erklärungsweise unausbleiblich zur Ausgangsform eine Einebnung erhält, führt uns die zweite nur zu einem feiner und reicher zerteilten Relief von geringerer Spannhöhe.

Meiner morphologischen Einfühlung in das Relief der Alpen entspricht diese letztere Formel unbedingt besser. Ich kann mir nicht vorstellen, daß zum Beispiel die Urahnformen des Inntales schon eine Breite von zirka 10 km und dazu nur ganz geringe Tiefen besessen haben sollen.

Ungleich wahrscheinlicher ist mir eine Ableitung aus mehrfachen Gerinnen, die erst allmählich zu einem großen Talraum vereinigt worden sind.

Inselberge, wie zum Beispiel im Inntal der Tschirgant, sind in dieser Beleuchtung viel einfacher verständlich.

Bei der bisherigen Betrachtung haben wir die älteren Flächenstücke in demselben Querschnitt stets oberhalb der jüngeren angetroffen.

Die höherliegende Terrasse muß früher gebaut worden sein als die tiefere.

Bei einer Ableitung von Stufen durch Eisschurf gilt diese Beziehung natürlich gar nicht.

Es sind jedoch auch bei fluviatiler Arbeit ausgedehnte Umkehrungen dieser Flächenregel möglich, mit denen wir uns nun beschäftigen wollen.

Wenn in einem Talraum an Stelle der Wegführung von Material die Zuführung überwiegt, so ist die Möglichkeit zu einer derartigen Umkehrung gegeben. Die Zufüllung kann durch verschiedenartigen Schutt, Wasser oder durch Eis geschehen.

Ich gehe hier nicht weiter auf die interessanten individuellen Eigenheiten dieser Medien ein, sondern behalte nur das morphologische Gesamtergebnis im Auge. Der Größenordnung nach kommen Seebildungen bis etwa 300 m, Schuttanfaltungen bis zirka 500 m, Eisauffüllungen bis über 1500 m Mächtigkeit in Betracht.

Für die morphologische Wirksamkeit tritt jedoch weit mehr als die Mächtigkeit, die Dauer der Auffüllung sowie die Zeit und Art der Anfüllung und Entleerung in den Vordergrund. Eine kurzandauernde Auffüllung der Talräume bleibt morphologisch unwirksam.

Eine Anfüllung, welche sehr langsam erfolgt, dagegen nur einen kurzen Höchststand einhält und wieder langsam verschwindet, wird ebenfalls keine deutlichen morphologischen Spuren hinterlassen, weil diese durch die entgegengerichteten Wirkungen des An- und Absteigens so gut wie ausgelöscht werden. Das morphologisch Entscheidende

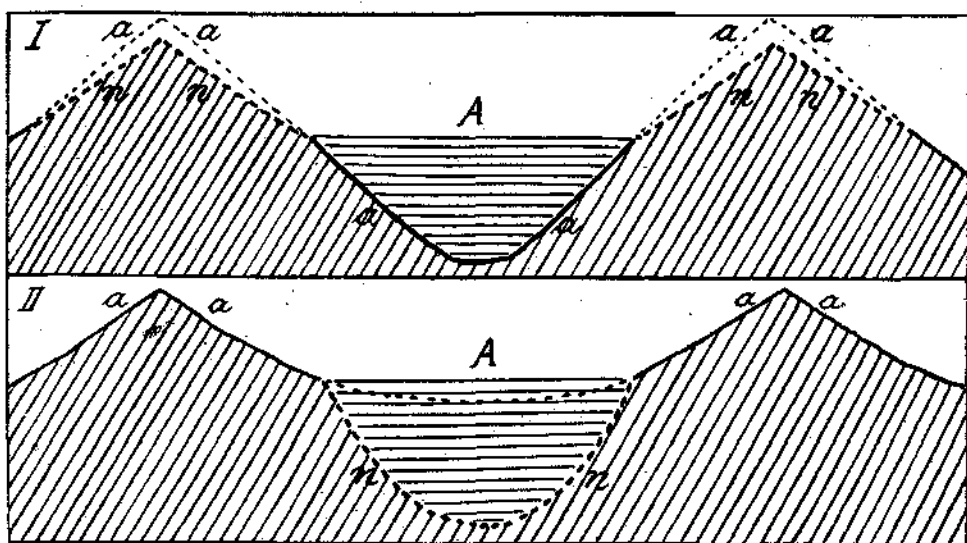
Ueber die morphologischen Wirkungen der Eisbewegung auf den Untergrund gehen auch heute noch die Ansichten weit auseinander.

Fig. 9 stellt den extremen Fall dar, daß in ein altes, breites Tal ein Eisstrom eine schmalere, tiefe Rinne ausgeschürft hat.

Macht man die Annahme, daß die Eiserosion die gleichzeitige normale Abtragung in ihrer Wirksamkeit wesentlich übertrifft, so hat man hier trotz der Anfüllung die neuen Flächen unten und die alten oben liegen.

Dabei ist hier wie in den meisten Fällen „alt und jung“ nur so zu verstehen, daß die einen Flächen den alten Flächen nach Verlauf einer langen Zeit eben ähnlicher geblieben sind als die anderen. Interessant ist nun der Vergleich von Fig. 8 und 9, welcher ergibt,

Fig. 8—9.



Im oberen Schema bedeutet *A* eine Anfüllung mit Schutt, wodurch der untere Talraum geschont bleibt, während die aufragenden Kämme erniedrigt werden. Im unteren Schema bedeutet *A* eine Anfüllung mit strömendem Eis, das allmählich in das alte breite Tal einen tiefen, schmaleren Taltrog einschleift. *n* = neue Flächen, *a* = alte Flächen.

Aehnlichkeit der Endform bei Schonung oder Untertiefung des unteren Talquerschnittes.

daß eine Talform, in welcher der untere Teil entsprechend lange geschont wurde, einer anderen Talform täuschend ähnlich werden kann, in welcher im Gegenteil gerade der untere Teil viel schärfer bearbeitet worden ist. Die Gegenüberstellung dieser beiden Querschnitte zeigt zugleich die extremsten Erklärungen für das Problem der Trogtalbildung, in dem einen Falle Erzeugung durch Schonung der unteren Talteile, im anderen durch gesteigerten Angriff auf dieselben. Sie führt uns weiter vor, wie selbst die Ableitung eines Gehängeknickes durchaus nicht eindeutig ist, selbst wenn derselbe

eine so gute Ausbildung und so weite Verbreitung wie an den Trogrändern der Alpentäler besitzt.

Wer sich auf den Standpunkt stellt, daß die Taltröge der Alpen im wesentlichen ein Werk der Eisarbeit vorstellen, der muß weiter behaupten, daß die Höchststände der Vergletscherungen gegenüber dem Wachsen und Schwinden bei weitem viel längere Zeiten in Anspruch genommen haben.

Diese Verbindung ist eine notwendige.

Kann man irgendwie beweisen, daß die Dauer der Höchststände mit der Dauer des Vorrückens und Rückweichens ungefähr vergleichbar oder gar kürzer war, so ist damit auch eine glaziale Schaffung der Taltröge ausgeschlossen.

So kann man vielleicht mit genauen Studien der Verhältnisse an den einstigen Enden der Gletscherströme diese morphologischen Fragen der inneren Alpentäler zur Entscheidung bringen.

Eine große Rolle spielen endlich morphologische Beobachtungen für die Erkennung von jüngeren tektonischen Bewegungen, für welche häufig andere geologische Belege nicht aufzubringen sind. Auch hier ist besondere Sorgfalt und Vorsicht vonnöten, weil verschiedene Trugschlüsse verdächtig nahe liegen.

Am leichtesten wäre es, Verbiegungen oder Verwerfungen festzustellen, wenn man gut ausgeglichene und wohl erkennbare Einebnungsflächen zur Verfügung hätte, die das ganze Untersuchungsgebiet einheitlich überspannen würden.

Solche Fälle sind jedoch wenigstens in den Alpen sehr selten. Hier muß man schon von vornherein seine Ansprüche auf ein bescheidenes Maß herunterschrauben.

Die relativ besten Einebnungsflächen der Cstalpen, welche mir persönlich bekannt wurden, sind im Norden die von Götzingen beschriebenen Kalkhochflächen, im Südosten die von Kossmat und Winkler dargestellten Hochflächen mit den Uebergängen zum Karst, im Süden die von Klebelsberg und Schwinner geschilderten Plateaus. Am genauesten habe ich die Kalkhochflächen der Nordalpen begangen, vielfach als Bergsteiger, häufiger als Aufnahmegeologe, und ich benütze die Gelegenheit, die Uebereinstimmung meiner Befunde in den zuerst von Götzingen beschriebenen Gebieten zum Ausdruck zu bringen.

Wie ich schon erwähnte und Götzingen bereits im Jahre 1912 betonte, liegen auch hier keine vollendeten Einebnungen vor, sondern nur sehr breite Flächen, über denen sich noch Mittelgebirge erhebt.

Wir haben uns nun zunächst mit der Erhaltung dieser alten Flächenstücke zu beschäftigen.

Die Erhaltung ist leider meist eine recht mangelhafte, so daß zum Erschauen von solchen Zusammenhängen häufig ein ziemliches Maß von bereitwilligem Entgegenkommen gehört. Wer die Zusammenhänge nicht sehen will, der wird sie auch nicht sehen, ein unbedingter Formenzwang geht ja nicht von denselben aus. Die größeren Flächen-

stücke liegen heute zumeist auf obertriadischen Kalken, und zwar auf wenig geneigten Schichttafeln oder leicht verbogenen Muldenstücken. Steile Schichtlagen sind selten.

Auffallend bleibt der Umstand, daß die Abtragungsflächen, wenn wir sie uns ergänzt vorstellen, in der Regel nicht tief unter der Hangendfläche unseres Kalkes liegen.

Diese Hangendfläche hat aber geologisch und morphologisch als Grenzfläche gegen eine jüngere nichtkalkige, sondern mergelige, tonreichere Schichtfolge ihre Bedeutung. Im Bereiche dieser weicheren und wasserundurchlässigen Mergel konnte sich ein zusammenhängendes Bach- und Flußnetz leicht entwickeln, während dies auf den kluftreichen, durchlässigen Kalkböden nicht so gut möglich ist. Man kann so zu der Ansicht gelangen, daß die Ausbildung der weitreichenden Verebnungsflächen noch im Bereiche dieser undurchlässigen Deckgesteine erfolgte und mit der Durchnagung dieser Decke bald ein Ende fand.

Nur die Aufbewahrung der Verebnungsreste wäre so eine Funktion der großen, schwebenden Kalkmassen, wozu sie gerade durch ihre Durchlässigkeit besonders befähigt erscheinen.

Ist diese Annahme berechtigt, so müßte man sich die eigentlichen Verebnungsflächen wohl noch beträchtlich über den Augensteinfundplätzen erhaben denken. Wenn man erwägt, daß in die heutigen Kalkhochflächen breite Talzüge von 1000—1500 *m* Tiefe eingeschnitten sind, so ist eine Abtragung und Erniedrigung der alten Einebnungen durch Verwitterung, Auslaugung, Einsackungen, Einstürze um 200 bis 300 *m* durchaus nicht verwunderlich.

Dafür sind auch geologische Anhalte gegeben, da man nicht selten auf solchen Kalkplateaus Reste von jüngeren Deckschichten (Mergel, Sandsteine), gleichsam in die Karstflächen des Kalkes eingesenkt, antrifft, ohne daß solche Einsenkungen etwa als Einfaltungen oder Einbrüche an Verwerfungen zu erkennen wären. Daneben kommen solche rein tektonische Fälle gewiß noch viel häufiger vor. Immerhin ist dies ein Fingerzeig, daß die Reste von solchen Deckschichten im Laufe sehr langer Zeit durch Untergrabung ihres Kalksockels eine relative Einsenkung erfahren können.

Von den Dauergeröllen wissen wir ja durch die Höhlenforschungen, wie tief dieselben ins Innere der Kalkstöcke versenkt werden können.

Alle Wirkungen zielen darauf hin, solche Verebnungsflächen nicht nur allmählich zu erniedrigen, sondern sie auch unebener zu gestalten.

Wenn weiterhin von solchen Einebnungsflächen die Rede geht, muß man sich diese Einschränkungen vor Augen halten.

Ist einmal eine weitausgreifende Einebnung wirklich gegeben, so wird sie durch eine gleichsam regionale Erniedrigung in ihrer morphologischen Brauchbarkeit nicht ausgeschaltet, sofern man sich der hiehergehörigen Fehlergrenzen bewußt bleibt. Natürlich kann man mit einem Niveau, das vielleicht nur auf 100—200 *m* genau bekannt ist, nicht Verbiegungen im Ausmaß von 20—50 *m* bestimmen wollen.

Die niederösterreichisch-steirischen Kalkhochflächen, von denen auch Götzing er ausgegangen ist, enthalten nun nach meinen Erfahrungen prächtige Beispiele für tektonische Verstellungen, welche einerseits weit über die hier mögliche Fehlergrenze hinausgehen, andererseits aber zugleich auch noch geologisch feststellbar sind.

Die Harmonie zwischen der rein tektonisch und der rein morphologisch erkannten Verstellung dieser Plateaus verleiht ihnen besonderen Wert.

Die schönen Kalkhochflächen von Schneeberg-Rax-Schneealpe sind von Götzing er eingehend untersucht und beschrieben worden.

Sie liegen in Höhen zwischen 1800—2000 m und tragen an einzelnen geschützten Stellen noch zusammengeschwemmte „Augensteine“, meist in Ansammlungen von Roterden eingebettet.

Im Norden von diesen mächtigen „Steintischen“ liegen nun im Bereiche von Blatt „Schneeberg-St. Aegy d“ eine Reihe von weit niedrigeren Kalkplateaus, die man ihnen gegenüber etwa als dazugehörige „Stühle oder Bänke“ bezeichnen könnte.

Sie halten Höhen zwischen 1000—1200 m ein, während einzelne Gipfel und Rücken noch 100—200 m darüber aufragen.

Eine Begehung der meisten dieser niedrigen Hochflächen hat nun gezeigt, daß fast alle mit „Roterden“ eingedeckt sind und als Seltenheiten auch „Augensteine“ darauf zu finden sind.

Ich habe solche in größerer Menge auf dem Plateau des Fegenbergs südlich von Schwarza u i. G. entdeckt, die auf diesem allseitig tief umschnittenen Plateau etwa nicht durch Abschwemmung von den Hochflächen von Schneeberg oder Rax zu erklären sind. Die Seltenheit der Funde hängt wohl mit der dichten Bewachsung und Einwaldung zusammen, in die nur von Zeit zu Zeit Holzschläge eine Lücke reißen.

Die Flächen selbst sind relativ gut entwickelt, so zum Beispiel am Größenberg nördlich von Schwarza u i. G., an der Südseite des Unterbergs, in der Umgebung der Reisalpe, auf dem langen Kamm der Klosteralpe, auf der Schachneralpe bei St. Aegy d, endlich auf den breiten Plateaus, die sich rings um Annaberg aneinanderreihen.

Die Unebenheiten sind etwa von derselben Rangordnung wie diejenigen auf den Hochflächen von Schneeberg-Rax-Schneealpe.

Die Eindeckung mit Roterden spricht jedenfalls für ein ziemlich hohes Alter. Sämtlichen glazialen und interglazialen Ablagerungen auf der Nordseite der Alpen fehlen Roterdeinschwemmungen. Sie reichen also wohl in präglaziale, tertiäre Zeiten zurück.

Wahrscheinlich sind sie jünger als die in ihnen eingebetteten Hartschotter und erst entstanden, als die Einebnungen bereits von ihren Flüssen verlassen waren und der Zerstörung anheimfielen.

Stimmt diese Ableitung, so beweisen uns die Roterden auf den Kalkhochflächen, wie wenig bedeutend die ganze glaziale Abtragung hier gewesen sein kann.

Die Gletscher waren dann ebensowenig imstande, die Hochflächen von den Roterden reinzuhobeln, als die interglazialen Gehängebreccien und Schotterterrassen der Täler hinauszufegen.

Es erhebt sich nun die Frage, gehören die eben erwähnten nördlichen Flächenreste in einer heutigen Höhenlage von 1000—1200 m mit den südlichen Flächenresten in 1800—2000 m Höhe zusammen oder stammen sie aus wesentlich jüngerer Bauzeit?

Ich habe mich schon vor Jahren bei den ersten geologischen Aufnahmen im Bereiche von Blatt „Schneeberg-St. Aegydt“ im Anschluß an meine Bearbeitung der exotischen Gerölle der niederösterreichischen Gosauschichten für die erstere Meinung entschieden und die späteren Begehungen haben mich darin bestärkt.

Nimmt man also an, daß diese heute weit getrennten Flächenstücke ursprünglich zu einer und derselben Einebnungslandschaft gehörten, so muß man weiter folgern, daß entweder die südlichen Teile um zirka 800 m gehoben oder die nördlichen um diesen Betrag gesenkt worden sind.

Für diese Deutung kann man nun folgende geologische Begründung anführen.

Die Schwarzach entspringt heute in der Gegend von Rohr i. G. in einer breiten, tiefzerschnittenen Dolomitlandschaft in Höhenlagen zwischen 700—1000 m und durchbricht von dort her, fast gerade südwärts gerichtet, das hohe Kalkplateau, welches sie in die kleineren Einheiten von Rax und Schneeberg zerschneidet.

Die Erscheinung dieses großartigen Durchbruches wird nun ohne weiteres verständlich, wenn man die oben morphologisch abgelesene Vertikalverstellung von zirka 800 m in die Betrachtung einführt und sie so langsam erfolgen läßt, daß der Fluß mit seiner Säge nachkommen konnte.

Außerdem wissen wir ja, daß zwischen Schneeberg und Rax eine Verbiegung mit nordsüdlicher Achse liegt, welche der Schwarzach ihren Weg vorgezeichnet hat.

Fig. 11 gibt eine schematische Darstellung der Lage der verstellten Verebnungsflächen entlang des Schwarzachdurchbruches.

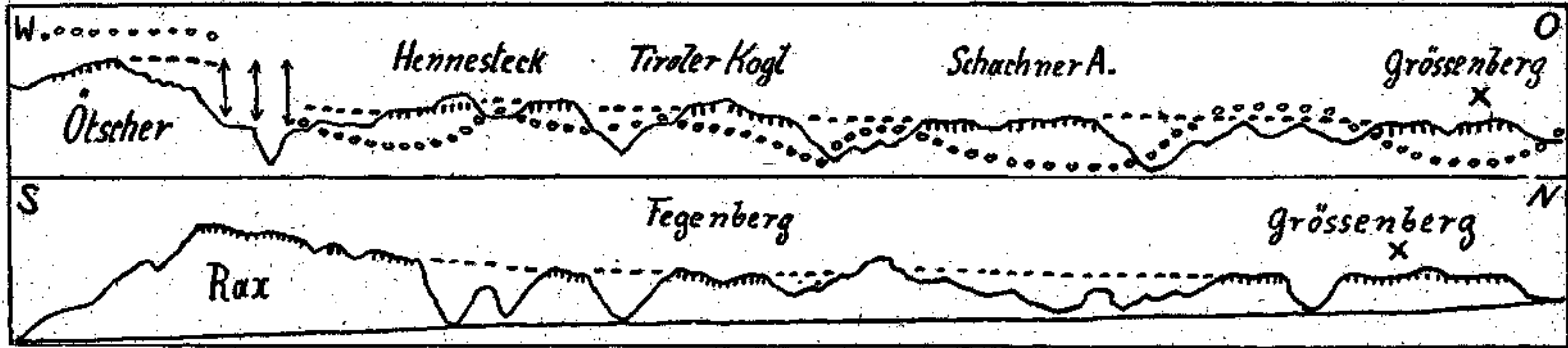
Dabei machen wir die Beobachtung, daß die Hauptverstellung der Verebnungsfläche kuapp am Nordrand von Rax und Schneeberg einsetzt.

Besonders schön ist dies am Schneeberg zu verfolgen, wo wir noch als Zwischenstufe zwischen dem Hochplateau und dem Fegenberg die schöne Hochfläche des Kuschneebergs zwischen 1400—1500 m eingeschaltet sehen.

Von einer Verbiegung kann man hier nicht reden, man hat vielmehr den Eindruck von staffelförmigen Absenkungen. Auf der Gegenseite bildet das weitgedehnte Gahnplateau eine ungefähr entsprechende Absenkung.

Durch die Fortführung der geologischen Aufnahmen und den Anschluß an Blatt „Gaming-Mariazell“ hat sich nun zu dieser

Fig. 10—11.



Im oberen Schema bedeutet die Kettenlinie den Verlauf der Schubfläche zwischen der liegenden Ötcherdecke und der hangenden Lunzerdecke. Die unterbrochenen Linien sollen den Zusammenhang der alten Einebnungsflächen, die Vertikalschraffen noch erhaltene alte Flächenstücke bezeichnen. Die Vertikalpfeile deuten Verwerfungen an.

Das untere Schema stellt einen senkrecht zum oberen, also nord-südlich verlaufenden Querschnitt entlang der Schwarzach vor. Von dem gemeinsamen Ausgangsort des Grössenberg Plateaus wird man in beiden Richtungen zu den hohen Plateauflächen geleitet.

nordsüdlichen Beziehung eine ostwestliche eröffnet, welche gestattet, die obenerwähnten niedrigen Einebnungsflächen hier mit den hohen Plateauflächen des Oetscher-Dürrensteingebietes zu verbinden.

Fig. 10 gibt schematisch den Zusammenhang in dieser Richtung wieder.

Auch hier sehen wir die Hauptverstellung ganz knapp am Ostabbruch des Oetschers eingeschaltet, die sich auch geologisch gut verfolgen läßt.

Was nun aber das ostwestliche Profil besonders auszeichnet, ist die Einsichtnahme in den tektonischen Aufbau, der hier durch zwei große Schubmassen, die Oetscherdecke im Liegenden, die Lunzerdecke im Hangenden vollzogen wird. Die Meinung von Kober, daß die Oetscherdecke über der Lunzerdecke liege, hat die Neufnahme hinfällig gemacht. Beide Schubdecken erscheinen nun hier ganz in demselben Sinne wie die großen Verebnungsflächen verstellt.

Während aber im Bereiche der niedrigen Plateauflächen noch die vorzüglich aus Muschelkalk-Wettersteinkalk bestehenden Reste der Lunzerdecke die Träger und Bewahrer der alten Flächenstücke vorstellen, sind diese Reste in dem hochliegenden Oetscher-Dürrensteingebiete bereits völlig zerstört und unsere Einebnungsfläche erscheint ganz in die Oetscherdecke eingegraben.

Es ist nun möglich, daß in diesem Bereiche keine Schubreste der Lunzerdecke auf der Oetscherdecke lagen, es ist aber auch denkbar, daß dieselben dort durch Abtragung verschwunden sind.

Das letztere wäre vielleicht dahin zu deuten, daß hier schon früher eine Erhebung bestand, die dann eingebnet wurde.

Nach dieser Einebnung wäre dann neuerdings eine Hebung, aber wohl in viel größerem Ausmaße erfolgt.

Endlich käme noch in Betracht, daß unsere Einebnung auch im Gebiete von Oetscher-Dürrenstein auf einem Stockwerk von Lunzerdecke entwickelt und später durch die gesteigerte Abtragung im Hochgebirge derart erniedrigt wurde, daß die Abbildung dieser Urfläche bis in den liegenden Dachsteinkalk herabsank.

Eine Entscheidung ist wohl erst durch weitere Studien zu treffen.

Es ist jedoch sicher, daß im ganzen Bereiche von Blatt „Schneeberg-St. Aegydt“, dem klassischen Schubschollen- und Fensterblatt der östlichen Nordalpen, die Aufbewahrung der alten Flächenreste nahezu ausschließlich den Muschelkalk-Wettersteinkalk-Schollen der Lunzerdecke zu verdanken ist, während diese Formen in den weiten Dolomitgebieten dazwischen und daneben größtenteils aufgezehrt wurden.

Es zeigt sich klar, wie doch der feste, geschichtete Triaskalk bei flacher Lagerung dem meist ungeschichteten mylonitisierten Dolomit (Ramsaudolomit + Hauptdolomit + Dachsteindolomit) in Bewahrung von Formprägungen weit überlegen ist.

Anderseits erweist sich dieser gleichförmige Dolomit wieder als ein Material das die Verwitterung weit lebendiger und feinfühlicher zu modellieren vermag. Landschaftlich ist der Gegensatz zwischen den schweren rastvollen Kalkplateaus und den feinscheiteligen, reichgeschnitzten Dolomithbereichen überaus wirksam. In den Ennstaleralpen hat man diese beiden Gegensätze sogar an einem und demselben Berge übereinander und es wird noch deutlicher, wie die Phantastik des Dolomits in die Schlichtheit des Kalkes übergeht.

Wie diese Beispiele zeigen, lassen sich Verebnungsflächen immerhin mit Vorsicht auch tektonisch verwerten.

Leider sind dieselben wenigstens in den Alpen eine seltene Erscheinung.

Felsterrassen, Stufen, Leisten . . . sind weit schwieriger und unsicherer zu verwenden, insbesondere soweit die Arme der Vergletscherung reichten.

Viel günstiger liegen die Aussichten wieder für die Aufschüttungsterrassen, deren geringes und gut ausgeglichenes Gefälle samt einer Menge von Angaben aus ihren Schottern gute Anhalte gewähren.

Indessen ist auch hier die Beurteilung der erfolgten tektonischen Veränderungen keineswegs so einfach, als man glauben möchte.

Merkwürdig ist, daß die Verstellungen wie sie sich zum Beispiel an den früher beschriebenen hohen Verebnungsflächen ablesen lassen, keine Verbiegungen, sondern staffelförmige, vertikale Hebungen oder Senkungen zu sein scheinen. Dagegen fehlen im Bereiche der allerdings weit jüngeren interglazialen Flußaufschüttungen solche scharf begrenzte Vertikalverschiebungen, wogegen weitgespannte leichte Verbiegungen ziemlich verbreitet sind.

Ihre Feststellung ist besonders in jenen Gebieten, wo Gletscherströme über die Schotterterrassen vorrückten und dann auf denselben abschmolzen, schwierig und unsicher, weil ganz unregelmäßige, lokal wechselnde fluviale und glaziale Abtragungen das einst wohl ausgeglichene Gefälle durchbrechen, ja sogar rückfällig machen können. Ebenso gilt dies ja auch für die Felsterrassen, die besonders an den Teilungsstellen von Gletscherströmen durch die Arbeit der an- oder absteigenden Eisbewegung schräg umgeschliffen werden können.

In der Arbeit über die Bohrung von Rum in Tirol (Jahrbuch 1921) habe ich, wie schon seit langer Zeit, die interglazialen Aufschüttungen in und vor den Alpen aus Verbiegungen abgeleitet.

A. Penck hat in seinen neuesten Arbeiten diese Idee angenommen und weiter ausgebildet, während andere Forscher wie Sölch und Leyden damit nicht übereinstimmen, wieder andere achtlos daran vorbeigegangen sind.

Gewiß, es ist auch diese Lösung kein seligmachendes Prinzip, aber mir ist derzeit jedenfalls keine bessere bekannt und so halte ich sie fest.

Für mich bleibt entscheidend, daß die Großaufschüttungen in den Alpentälern nicht von Endmoränenzonen ausgehen können und in

ihrem inneren Aufbau nirgends mit dem Dreitakt von Gletschervorrückung — Stillstand — Rückzug in Einklang zu bringen sind.

Sie entsprechen vielmehr dem Rhythmus von einfachen oder mehrfachen Verlandungen von Stauräumen oder der Ausbreitung riesiger Schuttkegel über gefällsarme Flächen.

Damit ist nicht behauptet, daß es keine glazialen Schotter . . . gibt, was ich nie bezweifelt habe, sondern daß solche echte Glazialschotter gegenüber diesen Großverschüttungen nur eine bescheidene Rolle spielen.

Wenn in der Schweiz nach A. Heim (Geologie d. Schweiz I) für die größte Aufschüttungsmasse (Hochterrassenschotter) eine glaziale Entstehung nicht zu erweisen ist, so fasse ich dies als eine wertvolle und ganz unabhängige Bestätigung auf.

Wien, Weihnachten 1922.
