

Die Oberflächengestaltung der österreichischen Alpen.

Von

Otto Lehmann.

Der Anblick, den ein Gebirge bietet, wird nicht allein durch die Gestalt seiner Erhebungen bestimmt, sondern auch durch deren Gruppierung. Auf einer Bühne könnte man mit denselben Kulissen ganz verschiedene landschaftliche Eindrücke erzielen — bloß durch wechselnde Anordnung. Die Gestalten der Kämme und Gipfel, der Hochflächen und Täler kann man sich aber nicht in der gleich willkürlichen Weise auswechselbar denken. Wie sie mit dem Untergrunde verwachsen sind, so ist auch die Anordnung im Grundriß, in der wir dieselben Formen finden, im Gebirgsland zwar mannigfach, aber nicht eine beliebige zu nennen. Nur sind die zweifellos gesetzmäßig festgelegten Beziehungen zwischen dem Grundriß und den Aufrißformen eines Gebirges noch kaum untersucht. Daher kann im Folgenden bloß das näher erörtert werden, was soeben als Aufrißform bezeichnet wurde, nämlich die Gestalt der Höhen und der Talgründe und der Abhänge zwischen beiden.

Ein großer Zug im Grundriß unserer Alpen darf immerhin als bekannt vorausgesetzt werden, das ist ihre streifenweise Verschiedenheit nach dem Gestein und nach allem, was vom Gestein abhängt. Dem Nordrand entlang ist von Salzburg ostwärts bis Wien ein Zug von Mittelgebirgsformen gelegen, der seine größte Breite (18 km) bei Aufrechterhaltung von Höhen bis über 500 m im Südwesten unserer Vaterstadt erreicht. Von Salzburg westwärts hingegen ist dieser Streifen von ruhigen Rückenformen verkümmert, er fehlt streckenweise ganz und unmittelbarer als sonstwo fallen steile Gehänge, aus den Gesteinen der Kalkalpen bestehend, zum bayrischen Alpenvorland ab; dieses hat hier selbst ein stellenweise kräftig gewelltes Aussehen. Nach Süden ins Innere schreitend, gelangt man in den österreichischen Alpen zu dem Streifen, dessen vorherrschende Gesteine Kalk und Dolomit sind, während Sandsteine, Mergel und andere Absätze sehr zurücktreten und auch anders ausgebildet sind als im Wienerwald und in den übrigen Teilen der vordersten „Flyschzone“. Hinter den „Kalkalpen“ liegt der Streifen der „Zentralalpen“, bestehend aus verschiedenen kristallinen Erstarrungsfelsen, meist wohl hohen Alters und ebensolchen Schiefen. Die einzelnen Reste kalkalpiner Gesteine, die in diesem Teile des Gebirges als kleine Gruppen (z. B. Tarntaler Köpfe östlich des Silltales, Tribulaun westlich davon) vorkommen, wirken in der abweichend geformten Umgebung um so auffallender. Streckenweise, aber nicht durchlaufend, liegen zwischen den Kalk-

alpen und Zentralalpen Züge aus Schiefen, Grauwacken und alten Kalken oder Dolomiten. Ihre Breite wechselt stark, ist aber im ganzen geringer als bei den durchlaufenden Streifen. Im Süden der Zentralalpen wiederholt sich, wenn gleich nicht in genau spiegelbildlicher Anlage das Auftreten eines Grauwacken- und Schieferzuges mit alten Kalken, der dort sogar eine Hauptwasserscheide im Kamme der Karnischen Alpen trägt, und das Auftreten von Kalkalpen. Diese werden dort vom Schieferzug auf einer langen Strecke in einen nördlichen und südlichen Teil getrennt. Daher liegen die Lienzener Dolomiten gleich am Rande der Zentralalpen und erst hinter ihnen die Gesteine des Schieferzuges. In Südtirol beherrscht die enge Verbindung großartiger Dolomitmassen mit meist mürben vulkanischen Gesteinen die Landschaft und schafft in dem, was man Südliche Kalkalpen nennt, ein Reich besonderer Eigenart. Die Nördlichen übertreffen „hoch vom Dachstein an“ ostwärts die gegenüberliegenden Zentralgruppen an Höhe, westlicher ist das Umgekehrte der Fall, und zwar in noch stärkerem Maße. Hier liegen im Innenzuge auch die großen Gletschergebiete von den Hohen Tauern bis zu den Ötztaler und Ortler Alpen. Die östlichen Zentralalpen sind hingegen von manchen bedeutenden Senkungsstreifen und -feldern durchzogen, so im Murtal und in seiner Nachbarschaft und im Klagenfurter Becken; es ist nicht ausgeschlossen, daß sie ursprünglich auch im Osten überall höher waren als die Kalkalpen. Eben diese überragen im Norden ihrerseits das Mittelgebirge der Flyschgesteine in meist eindrucksvoller Weise. Am großartigsten geschieht dies in Oberösterreich, wo unmittelbar am Ostufer des aus tiefer Talung herausziehenden Traunsees der Traunstein, 1691 m, mit einer einzigen Karhinterwand von 850 m Höhe zum Laudachsee abstürzt, vor dem die Schuttwälle des verschwundenen Eiszeitgletschers — ein einzigartiger Fall — bereits auf den Mergeln und Sandsteinen des Flyschzuges ruhen. Hiezu in größtem Gegensatz steht der wieder nur einmal vorkommende Fall, daß die Kalkalpen an ihrem Nordrand niedriger sind als das Mittelgebirge vor ihnen, weil sie ein Stück weit eingesunken sind; in kleinen Verhältnissen wiederholt sich da, was aus dem Murgebiet schon erwähnt wurde, daß das Gebirge weiter im Inneren nicht die Höhen erreicht, die gegen den Rand zu herrschen.

Im Ausflugsgebiet von Wien nämlich, in der Bucht von Gaaden und in ihrem Hinterland bis in die Gegend westlich von Sulz ragen die eingesunkenen Kalkalpen nur so wenig aus sehr jungen lockeren Wasserabsätzen heraus, daß im NW die Flyschzone fast wie ein gesondertes Gebirge ganz ansehnlich emporragt.

Diese Lücke im Außenabfall der Kalkalpen steht innerhalb der Kalkzone in Verbindung mit einem Zug mürber Gesteine, der nach Ost bis zum Wiener Becken reicht und die Ausräumungslandschaft bildet, die uns zwischen den Orten Gießhübel und Maria-Enzersdorf vertraut ist. Das hat eine eigenartig schöne Folge: denn das letzte Stück des Kalkalpenrandes bildet im Zuge des Höllensteins, 646 m, eine völlig freistehende Bergkette bis zum Ostende der Alpen. Davor liegt die Flyschzone mit ihren Laubwäldern, dahinter in den mürben Gesteinen die freundlich besiedelte Landschaft, reich an Weingärten, Ganz abweichende Verhältnisse herrschen in Vorarlberg. Dort ist der Flyschstreifen mit den Bergformen gar nicht so einfach verbunden. Zusammen mit anderen Gesteinsablagerungen, die am Alpenrande in erheblicher Breite vor ihm

liegen, bildet er ein Rückengebirge, an dem auch ein Teil der südlich folgenden kalkreichen Schichtgruppen Anteil hat. Deren Rücken und innerer Bau haben manches mit dem Schweizer Jura und selbst mit dem Säntis gemein. Über dem so gestalteten Gebiet des Bregenzer Waldes (heute meist Wiesen und Weide) folgt gegen Mittag erst das Hochgebirge. Besonders eigenartig ist darin das Auftreten eines zweiten Streifens von Flyschgesteinen, die, hier fast 2000 m hoch, Grate und Kare bilden. (Über diesen Begriff vgl. Fig. 17.) Soviel über die Anordnung der streifenförmigen Alpentteile, die immerhin von dem Auftreten und selbst der Vorherrschaft einzelner Felsarten beeinflußt sind. Betrachten wir nun die Erhebungsformen.

Die Alpen sind wie alle nicht aus vulkanischen Aufschüttungen unmittelbar entstandenen Gebirge ein gehobener Teil der Erdrinde, worein die Gewässer Täler genagt und in vielen Teilen Eisströme diese erweitert und vertieft haben. Dies geschah so, daß im Zuge der Wasserläufe und eiszeitlichen Talgletscher das verwitterte Gestein weggeschafft wurde, wobei natürlich auch der nur angewitterte Teil des festen Untergrundes manchmal sehr ausgiebig niedergebracht wurde. Diese Vorgänge sind immer noch im Gange. Die Hebung der Alpen fand anfangs unter dem Meeresspiegel statt und die Talbildung konnte erst eintreten, als das Gebirge sich auch über den Meeresspiegel erhoben hatte, bzw. als dieser im Vergleich dazu gesunken war. Wie die Alpen nicht aus einem Stück bestehen, so war auch der Hebungsvorgang nicht einheitlich; manche Teile blieben früher oder später zurück. Daher gibt es auch Täler — gerade die längsten und breitesten sind es — bei deren Entstehung und Gestaltung diese Bewegungen vielleicht mehr noch ausmachten, als die Arbeit von Wasser und Eis. Wie noch näher beleuchtet wird, sagt uns das Älteste, was in den Formen der heutigen Ostalpen erhalten ist, daß sie, einst nur bis zu bescheidenen Mittelgebirgshöhen aufragend, runde, besonders gegen die Küsten hin flachhügelige Formen besaßen. Der innere Bau dieser Landschaft war aber gar nicht so schlicht, sondern schon viel früher waren Faltungen und Pressungen eingetreten, die weitgehende seitliche Verschiebungen der Gesteine mit sich gebracht hatten. Ja, die meisten Gesteine der Alpen waren schon einmal — in der Kreidezeit und früher — am Aufbau älterer Gebirge bzw. Inseln beteiligt gewesen, über deren Gestalt sich nichts Bestimmtes aussagen läßt. Von diesen Vorläufern der Alpen ist mindestens ein erheblicher Teil wieder unter das Meer getaucht oder auch in seine Tiefen hinabgeglitten. Die Reste des älteren Gebirges, sein versunkenes Gestein und die Meeresabsätze, die sich daraufgelegt hatten, wurde dann von neuen, besonders gewaltigen Bewegungen ergriffen und dabei gefaltet und verlagert. So umwälzend waren die damit verbundenen Verschiebungen, daß man dort, wo der Geologe einen Bestandteil älteren Gebirges oder verschwundener Inseln erkennt, nur sagen kann, diese Stücke der Alpenvorläufer seien einst weit von der Stelle gelegen, an der man sie in den heutigen Alpenkörper eingliedert findet.

In der Anordnung der Gesteine ist also viel von der Vorgeschichte der Alpen erhalten; für den Geographen beginnt die einigermaßen verfolgbare Entwicklung ihrer Gestalt erst mit den erwähnten flachen und Mittelgebirgsformen und mit den meist einfachen Hebungen und Senkungen, welche die stark ineinander geschobenen und gefalteten Gesteine in ruhiger Weise in ungleiche

Meereshöhen brachten. Obwohl hiebei die nachgiebigen Stellen des verwickelten Baues wahrscheinlich auch noch nachträgliche Verschiebe nach der Seite, z. B. Gleitungen mit sich gebracht haben können, ist die Annahme erlaubt, daß mit jenen flachen und Rückenformen die Alpen als Ganzes ihren Platz nicht mehr geändert haben, und daß auch ihr innerer Bau in der Hauptsache unverändert blieb. So aufgefaßt, sind unsere Alpen nicht älter als eine schon ziemlich vorgerrückte Stufe der Neuzeit der Erde, lange vor den frühesten Spuren des Menschen, geologisch ausgedrückt: keinesfalls älter als der miozäne Abschnitt des Tertiärs. Denn das Alter eines Gebirges hat mit dem höheren Alter seiner Bausteine nichts zu tun. Es ist das nicht anders als bei manchem Bau unserer Tage, wenn z. B. ein Landmann für sein Haus die Steine von einer benachbarten römischen Ruine holte und dabei vielleicht sogar einen antiken Mauerrest als Hinterwand eines Stalles benutzte. Sein Anwesen ist doch ein ganz junges Gebilde mit den Bauformen der Gegenwart. Damit soll nicht der Eindruck erweckt werden, daß den Geographen die geologische Vorgeschichte gar nichts angehe. Denn die Verschiebungen jener beweglichen Zeitalter der Erdrinde haben einen heute noch maßgebenden Einfluß auf die Verteilung gewisser Formen im Grundriß, sie haben die Kulissen so gestellt, daß nicht nur der Aufriß die Landschaft beherrscht. Erst die geologische Vorgeschichte kann z. B. das Auftreten eines so vereinzelt Plateauklotzes aus Kalk, wie der „Hohen Wand“ am Ostrande der Voralpen entwicklungsmäßig aufhellen.

Auch dort, wo jetzt Grate und steilwandige Täler herrschen, waren einst Rückenformen und offene Talmulden verbreitet. Früher hat man die Bergformen nur durch den Vergleich mit Hörnern, Zähnen, Rücken beschreiben können, heute verfügt die Wissenschaft hiezu über eine Reihe theoretischer Musterformen, die aus vielfacher Beobachtung abgeleitet sind. Etwas Geduld ist nötig, um mit diesen Musterformen vertraut zu werden, denen die Alpen entweder gleichen oder nicht. Im zweiten Falle braucht man sich nur die Unterschiede vor Augen zu halten, um von der Wirklichkeit eine deutliche und richtige Vorstellung zu bekommen. Treten wir nun in die allgemeine Ableitung der Musterformen ein. Ein Stück der Erdrinde bestehe aus verfestigtem undurchlässigen Gestein und werde in Form einer weitgespannten Auftreibung gehoben, welcher Vorgang ganz langsam stattfindet. Dann haben die sich entwickelnden Täler ein stets geringes Gefälle und mit Erde und lockerem Schutt bekleidete Abhänge. Eine solche Auftreibung zeigt Fig. 10. Die Zerschneidung hat die Gestalt, welche die Rindenbewegung allein erzeugt hätte, noch nicht unkenntlich gemacht. Die „tektonische“ Form eines flachen Buckels oder Schildes ergibt sich noch aus der Gesamtheit der Rücken zwischen den ausgenagten Tälern. Einen Querschnitt durch die Auftreibung, der etwa die Mitte der größeren Täler trifft, zeigt Fig. 11.

Erst für einen Zeitpunkt entworfen, wo längs des Schnittes nur noch an wenigen Stellen die langsamer Abtragung unterworfenen Rücken bis zur unversehrten Höhe der Auftreibung emporreichen oder gar Restflächen von ihr enthalten. Überall, wo der Bogen der Wölbung zerstört ist, wurde er nur gestrichelt gezeichnet. Geht die Hebung und Talbildung mit Erniedrigung der Rücken weiter, so werden die Berührungen der wirklichen Oberfläche mit der tektonischen

immer seltener. Aber alle Rücken und Kuppen des weitgespannten Berglandes bleiben einer sanftgewölbten Verbindungsfläche der höchsten und breitesten Erhebungen nahe, über welche Fläche sie nicht hinausragen. Sie bilden dabei das, was man eine „Scheitelflur“ nennen kann. Will man die höchsten Stellen so breiter Rücken schon als Gipfel bezeichnen, so paßt auch der Ausdruck

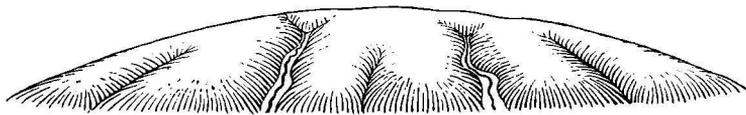


Fig. 10. Langsame Auftreibung mit den Anfängen der Talbildung. Die Wasserscheiden bilden zusammen eine Scheitelflur.

„Gipfelflur“, den man A. Penck verdankt, der ihn aber nur für einen bestimmten Fall scharfer Kämme eingeführt hat. Wo eine Gipfelflur, sei es auch nur in Form runder breiter Wasserscheiden vorhanden ist, läßt sich schon aus ihr die Grundgestalt und Ausdehnung des unzerschnitten gedachten Hebungsbezirkes erschließen. Die Innenkräfte müssen nicht immer eine schildförmige Auftreibung



Fig. 11. Schnitt durch Rücken, die nach sanfter Auftreibung einer Scheitelflur (gestrichelt) angehören.

erzeugen. Ein Rindenstück kann auch an Verwerfungsbrüchen emporsteigen, sogar rascher als im früheren Falle und hiebei in eine pultförmige Stellung geraten. Dann gewinnen die Täler ein stärkeres Gefälle als im vorigen Beispiel, angenommen, daß es sich wieder um ein undurchlässiges Gestein handelt, das die Gewässer nicht schon nach den ersten Ansätzen zur Talbildung verschluckt.

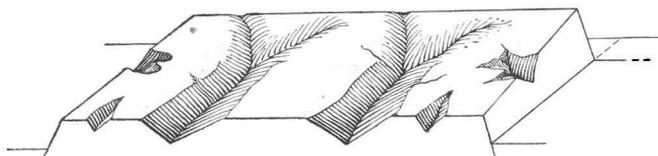


Fig. 12. Verhältnismäßig rasch an Brüchen pultförmig gehobene Scholle mit den Anfängen der Zertalung.

In ein Rindenstück, wie es uns Abb. 12 zeigt, können die Gewässer schon verhältnismäßig tief eingeschnitten haben, und noch gibt es zwischen ihnen ganz unversehrte Stücke der gehobenen Fläche, begrenzt durch die im Bereich der schnelleren Talbildung scharfen Ränder. Erst mit deren allmählicher Verwischung durch die Schuttbewegungen und mit der Verdichtung des Talnetzes kann es hier zu Rückenformen kommen, die mit der Zeit weiterer Hebung und gleichzeitiger Abtragung die Föhlung mit der ursprünglichen Pultfläche verlieren; doch auch sie erinnern durch die Ebenheit der leichtgeneigten Scheitelflur an die Ausgangsfläche.

Wenn die Hebung eines Rindenstückes — rasch oder langsam — weiter geht, so muß der Höhenunterschied zwischen Berg und Tal ebenfalls wachsen. Das ist nicht möglich, ohne daß die Abhänge steiler und die wasserscheidenden Rücken schmaler werden. Wenn dabei die Geschwindigkeit des Emporsteigens der Erdrinde wächst, dann entwickeln sich schon in einer begrenzten, geologisch sozusagen absehbaren Zeitspanne aus den Rücken Kammschneiden oder Firste, Gebilde, die mit dem, was wir später als „Grat“ kennen lernen, nicht zu verwechseln sind. Diesen Vorgang veranschaulicht Fig. 13.

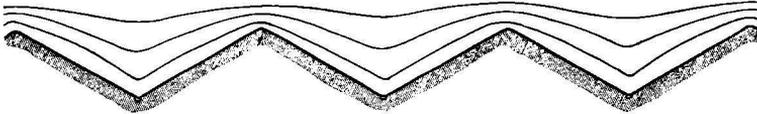


Fig. 13. Entwicklung von Firschkämmen und V-Tälern aus flachwelliger Tallandschaft bei fortschreitender Hebung.

Diese Zuschärfung tritt erst ein, wenn die beiderseitigen Gehänge 30° überschreiten, bei welcher Böschung unbewachsener Lockerschutt schon sehr beweglich dem Felsen aufliegt. Auch solche Kammschneiden können Gipfelfluren bilden. Einer solchen fügen sich sogar die Spitzen von Graten ein, wo eine Vergletscherung in einer noch zu besprechenden Weise Rücken und Firste in Grate verwandelt hat. Fig. 14 veranschaulicht eine Gipfelflur, bestehend aus Kammschneiden. Die Erdkrümmung ist dabei vielleicht in einer etwas übertriebenen Weise mitausgedrückt.

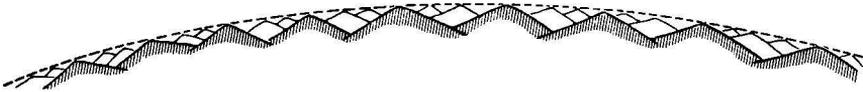


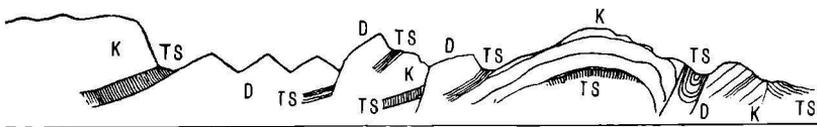
Fig. 14. Entwurf der Gipfelflur für eine weitgespannte Aufwölbung, die in lauter Firschkämme zerschnitten wurde.

In diesem Bilde steht ein Hochgebirge vor uns, welches nur der Arbeit der Gewässer auf Grund einfacher Hebung seine Entwicklung zu Kammschneiden verdankt. Diese Art von Hochgebirgen ist auf der Erde wohl nirgends auf größerer Fläche vollkommen verwirklicht. Denn erstens bleiben in undurchlässigen Gesteinen die wasserarmen Ursprungsadern der Bäche und Flüsse beim Ausnagen der Täler stark zurück: Wenn auch schon im Gebiete der Flußmittelläufe bereits eine Anzahl von Firsten ausgebildet ist, so erhalten sich noch lange im Umkreise der Hauptwasserscheiden die Rücken und Hügelformen aus der Zeit des langsamen früheren Aufsteigens. Die schwachen Ursprungsadern können aus der rascher gewordenen Hebung noch lange nicht den Energiezuschuß gewinnen, der ihnen das kräftige Einschneiden tiefer Talkerben erlauben würde. Zweitens sind durch die Vereisung gerade in den höchsten Teilen der Hochgebirge besonders auch unserer Alpen sowohl Rücken als auch etwa schon vorhanden gewesene Firste zu Graten zugeschärft worden, wovon noch die Rede sein wird. Daher ist ein Landschaftsbild mit Firsten nach Fig. 13 oder 14

auf Grund der Wasserarbeit und ohne Umgestaltung durch die Eiszeitgletscher in unseren Alpen selten. Ein Blick vom Bösenstein in den Niederen Tauern auf die nordwestlichen Seckauer Alpen bietet Gelegenheit, solche Kamm- und Talformen ziemlich unverseht zu sehen.

Das Vorkommen nimmt aber einen zu kleinen Raum ein, als daß man von einer Gipfflur reden könnte. Das Gesagte soll nicht den Eindruck machen, als seien Rückenformen und Kammschneiden jeweils nur in Verbindung mit Gipffluren häufig. Nein, sie finden sich auch ganz unabhängig von weitgespannten Aufwölbungen u. dgl. vor.

In manchen Gegenden haben sich kleinere Stücke der Erdrinde aufgebogen oder sonst in verschiedenem Maße gegeneinander auf- und niederbewegt; ihre Kleinheit bietet manchmal nur ein oder zwei Flußtälern Platz, manchmal sogar nur einem einzigen großen Berg. Diese Bewegungen sind später eingetreten, als jene, denen der verwickelte innere Bau der Alpen in der Hauptsache zuzuschreiben



K = Kalke, *D* = Dolomitgesteine, *TS* = tonige, sandige und schieferige Gesteine.

Fig. 15. Schematischer Schnitt durch ein Gebirge, in dem der Einfluß des inneren Baues unmittelbar und in Verbindung mit Gesteinsunterschieden die Oberfläche so beherrscht, daß scharfe und runde Wasserscheiden in verschiedenen Höhen nebeneinander auftreten. Eine Gipfflur fehlt daher.

ist. Wo derartig kleine Rindenstücke sich gegeneinander nach oben oder unten verschoben, sind rundliche und kantige Wasserscheiden nebeneinander in verschiedenen Höhenlagen möglich. Denn auch in diesem Falle hat die Geschwindigkeit der Bewegungen Einfluß darauf, ob kantige Stücke der Erdrinde in verschiedenen Höhen ihre Schärfe beibehalten haben; es ist ferner eine Tatsache, daß die kleinräumigen Krustenbewegungen vorwiegend in den Gegenden eintraten, wo das innere Gefüge der Gebirge einen häufigen Wechsel ungleich fester Gesteine in sich birgt. Abgesehen davon ist die Taldichte nicht in allen Felsarten dieselbe. Wo ein engmaschiges Gewässernetz sich entwickeln mußte, werden sich schon bei bescheidenen Höhenunterschieden Firse einstellen, man denke sich nur in Fig. 13 die Zahl der Taleinschnitte verdoppelt. Wo hingegen der Abstand der Täler größer ist, werden hohe Rückenformen sich auch bei vorgeschrittener Taltiefe erhalten. Unter solchen Umständen können sich keinerlei Gipffluren bilden. In roher schematischer Weise veranschaulicht Fig. 15 den Schnitt durch eine Gebirgslandschaft ohne Gipfflur.

Das Auf und Nieder der Bewegungen auf engerem Raum, der vom Gesteinsaufbau und seinen Folgen noch verstärkte Wechsel von Hoch und Tief erzeugen vor allem jenes wechselvolle Landschaftsbild, das frei von der Wucht hochalpiner Massenwirkungen, den österreichischen Kalkvoralpen ihre besonderen landschaftlichen Reize verleiht.

Die weitgespannten Aufwölbungen, die man bei erheblicher Länge auch

Großfalten nennt und sie dadurch absondert von den Faltenbildern im Inneren des Gebirgskörpers, bleiben bei der Bewegung des Gebirgskörpers keineswegs immer gut erhalten, sondern sie zerbrechen selbst in Schollen oder erleiden doch einige Verbiegungen kleineren Umfangs. Ist der gegenseitige Verschiebung solcher Teilformen nicht so auffallend wie in Abb. 15 und ist er dabei bescheiden im Vergleich zum Gesamtbetrage der Auftreibung, so erleidet auch die Gipfelflur keine großen Störungen und es bleibt erlaubt, diesen Begriff im Umkreis der allerhöchsten Berge anzuwenden. Es gibt schließlich eigenwillige Berggestalten, die weder nach Fig. 10 bis 14 noch nach Fig. 15 einfach verständlich gemacht werden können, sondern nur durch folgende Überlegung, die einen wohl nicht häufigen Idealfall im Auge hat. Steckt im Schoße des Gebirges eine feste Felsart, umhüllt von mürbem Gesteine, wie sie die Schichtbewegungen ineinander geknetet hat, dann schälen bei einer Hebung Wind-, Wasser- und Eisarbeit den festen Fels förmlich aus seiner Umhüllung, wodurch manche Unregelmäßigkeit seiner in der Tiefe verborgen gewesenen Umriss sich auf die freigelegte Berggestalt vererbt. Öfter ist es nicht ein einziger Block festen Gesteins, sondern eine Gruppe solcher in mürber Umgebung, die der entstehenden Bergform ein höckeriges Aussehen verleihen. Beispiele dafür wird man in den Alpen des nördlichen Vorarlberg finden. Einzelne Gipfelspitzen dieser Art gibt es öfter.

Bisher wurde nur die Wasserwirkung, und zwar in undurchlässigen Gesteinen verfolgt, nicht aber in Karstfelsen, wie sie unsere Kalkhochalpen beherrschen.

Bevor wir darauf eingehen, soll eine andere Eigenheit des Alpenreliefs erörtert werden, die sich am schönsten in undurchlässigen Gesteinen verfolgen läßt.

Die höheren Alpengruppen haben nämlich alle durch die großen Vergletscherungen der Eiszeit eine wichtige Umgestaltung erfahren, als die Täler hoch hinauf die Betten großer Gletscher wurden, die man schon Eisströme nennen darf. Diese unterbrachen nicht nur die Arbeit des Wassers, sondern bei ihrem Rückzug zum Ausmaße der gegenwärtigen Vergletscherung stellten sie das Wasser vor neue Bedingungen. Durch den Schurf der dicken Eismassen wurden die Täler der Alpen, in denen sie strömten, so lange verbreitert und vertieft, bis sie die der Eisbewegung entsprechenden Abflußquerschnitte aufwiesen; dann scheint der Gletscherschurf erlahmt zu sein, einerseits infolge der erreichten Glätte und passenden Form der Talwandungen,¹⁾ andererseits durch Scherbewegungen in den Gletschern, wobei sich das höher strömende Eis über einen in der Tiefe ruhenden Sockel, der liegen blieb, hinwegbewegte. Wo das Wasser nur schmale, im einzelnen gekrümmte Flußtäler ausgenagt hatte, war der Gletscherschurf ganz besonders wirksam, denn diese Täler mußten vertieft, verbreitert und „gestreckt“ werden durch Wegschaffen der Vorsprünge, ehe sie die Bettform eines Eisstromes hatten. Dabei wurden auch die Talwände steiler, welche nicht schon vorher eine große Steilheit hatten. Die Gletscher gaben so den Tälern einen U-förmigen Querschnitt mit Beckenböden. Die Seen, welche sich darin beim Schwinden der Gletscher ansammelten, sind schon größtenteils durch Flußanschwemmungen

¹⁾ Da ich auf dem Gebiete der Eiswirkungen eingehender gearbeitet habe, möchte ich bemerken, daß diesen Gedanken meines Wissens zuerst Otto Ampferer ausdrücklich vertreten hat.

ausgefüllt und in ebene Wiesen oder Sumpfböden verwandelt. Vor dem Fuß der zurückwitternden Wände der U-Täler konnten sich Schutthalden vorbauen. Vgl. Fig. 16.

Aber auch die Kämme und Rücken, die hoch genug waren, daß sie in das Reich der Vergletscherung gerieten, wurden umgestaltet. In die Sammeltrichter der Ursprungsadern des Flußnetzes, wie sie Fig. 17 oben zeigt, legte sich der Firn und geriet bei genügend angeschwollener Dicke als Gletschereis ins Fließen. Dabei wurden auch in den Sammeltrichtern die Unebenheiten des Untergrundes abgetragen oder in kleine rundliche Felshöcker verwandelt. Das Wändchen, mit dem sich der tiefer gelegte Boden des umgestalteten Sammeltrichters vom Hintergrunde abheben mußte, wurde gegen die Wasserscheide zurückwitternd immer höher. So verwandelte sich schließlich der Sammeltrichter in eine Nische, deren flacheren Boden huftisenförmig Wände einschließen. Solche Nischen heißen Kare. Dauerte die Vergletscherung nicht sehr lange, oder war sie sonst

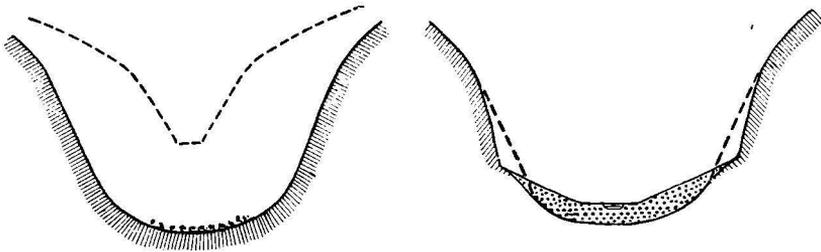


Fig. 16. Links: Unterer Teil eines vom Gletscher verlassenen Tales mit U-förmiger Bettform; gestrichelt: das Tal vor der Erweiterung und Vertiefung zum Gletscherbett. Rechts: Das U-Tal ist später durch Aufschüttung von Flußgeröllen und Haldenschutt sowie durch das Zurückwittern der Wände umgestaltet und bietet so den gewöhnlichen Anblick der „Trogtäler“. Vgl. Tafel XVI, Fig. 6.

unzureichend, so blieben die Karwände ein niederer Kranz felsiger Stufen, über denen noch die ursprüngliche runde oder dachförmige Form der Wasserscheide erhalten ist. Vgl. das Lichtbild Fig. 18. Bei längerer Dauer einer von zwei Seiten angreifenden Karbildung trafen die Karwände zusammen, indem sie sich in den Bergkörper hineinfraßen und schärften selbst breite Rücken zu Gratzen zu. In der Neigung der Karböden spiegelt sich vor allem diejenige des alten Talursprungs. War sie dort gering genug, so hobelten die Gletscher im Karboden Felswannen aus, oder die Schuttwälle, die sie vor ihrem Ende als Kargletscher anhäuften, stauten über flachen Karböden das Wasser zu den kleinen Seen des Hochgebirges auf.

Waren die Sammeltrichter aber steil, so blieben es auch die Karböden. Dann sind sie nicht selten durch die Einrisse der nach der Vergletscherung auf ihnen hinabfließenden Wildwässer wieder zerschnitten.

In einer Gruppe, wo vor der Eiszeit Firste und Rücken einer Gipfflur angehörten, konnte sich auch die zunehmende Vergletscherung in ziemlich gleichmäßiger Weise ansetzen, als das kältere Eiszeitklima herannahte. Daher können dann auch noch die in der Eiszeit ausgebildeten Grate und Spitzen in eine Gipfflur eingereiht werden; wohl sind sie etwas erniedrigt, aber der flächenhafte

Umfang der Hebungsbezirke läßt sich aus ihnen fast ebensogut bestimmen, wie aus den Formen ihrer meist runderen Vorläufer.

Eine eigene theoretische Ableitung erfordern auch jene Alpentheile, in denen Karstgesteine, vor allem der Kalk, in großer Mächtigkeit sowohl den inneren Bau beherrschen, als auch auf der Oberfläche sich unter dem Einfluß der Außenkräfte anders gestalten als die undurchlässigen Felsarten, für welche die Fig. 12 bis 14 gelten können.

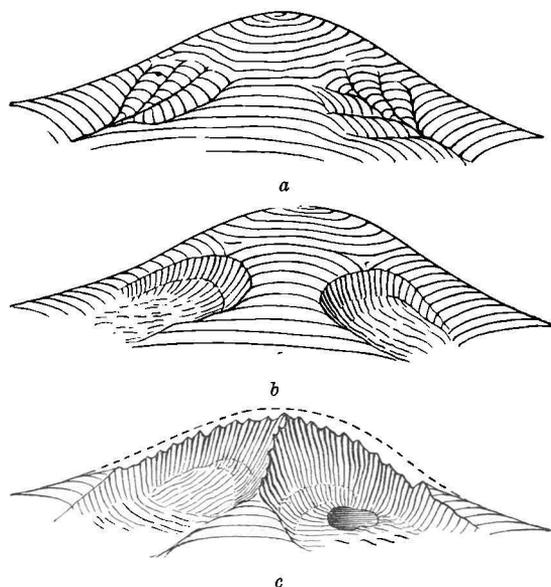


Fig. 17. Eiszeitwirkungen. Die Entwicklung vollkommener Kare *c* aus Sammeltrichtern *a*. Die Grate ergeben sich aus doppelseitiger Zuschärfung. Das Zwischenstadium *b* zeigt auch das Lichtbild Fig. 18 (Art der Darstellung nach W. M. Davis).

Solange ein Kalkgebiet in geringer Meereshöhe mit flachen Formen in Ruhe oder ganz langsamer Hebung ist, genügt ein feuchtes Klima wie das unsere, daß eine gewöhnliche Talbildung darin eingeleitet werde. Denn zunächst sind die Klüfte des löslichen Kalkes noch eng und klein und Erde und Schutt verhüllen seine Oberfläche. Insofern das Wasser diese durchsickert und in die Klüfte gelangt, füllt es sie bald aus und der Überschuß fließt oberirdisch ab auf einer dieserart undurchlässig gemachten Unterlage. Die geringen Höhen, bis zu denen das Land zunächst langsam gehoben wurde, brachten also auch im Kalk offene Talformen und sanfte Böschungen mit sich (vgl. Fig. 10 und 11). Geht die Hebung aber weiter und damit die Talvertiefung, so werden manche Klüfte des Kalkes unter der Höhe der sanfteren Geländeformen in der Umgebung angeschnitten und das Wasser quillt bei also gesteigerter Druckhöhe kräftig aus ihnen hervor. Damit entleeren sich, wenn die Niederschläge ihr bisheriges Ausmaß beibehalten, die Fugenräume unmittelbar an der Oberfläche.

Die Nebenbäche zuerst, die größeren später, verlieren ihr Wasser an die beschleunigte unterirdische Zirkulation und die Verkarstung beginnt. Bei ihr wird

die Oberfläche zunächst durch Dolinen zerlegt, das sind die Trichter, in denen das Bach- und Regenwasser verschwindet. Ihre Zahl wächst, bis es so gut wie keine Bäche mehr gibt. Dieser Vorgang wird gefördert, wenn die Hebung rascher wird und das Gestein innerlich mehr und weitere Sprünge bekommt. Dazu kommt noch die Erweiterung der ursprünglichen engen Fugen durch die lebhaftere Wasserbewegung zu Höhlen. Nur die größten Flüsse halten dieser Verkarstung stand, das sind jene, die außerhalb des Karstes in undurchlässigen Gesteinen entspringend, den Kalk schon mit beträchtlicher Wasserführung betreten. Ihre Talbildung wird auch durch starke Karstquellen erleichtert, die sie anschnitten. Aber kräftige Flüsse kann es nur in größeren Abständen geben. Und so kommen auch tiefe Täler im Karst nur in weiten Abständen vor. Zwischen ihnen liegt in der Höhe der Dolinenkarst mit den sanften Rückenformen aus der

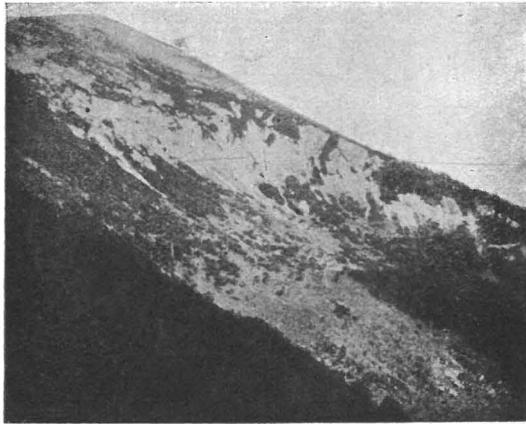


Fig. 18. Karanlage in jugendlicher Entwicklung (vgl. Abb. 17 b) am Kleinen Ötscher, 1549 m, in den niederösterr. Kalkvoralpen. Die Kare am benachbarten Großen Ötscher, 1892 m, sind vollentwickelte tiefe Nischen, deren hohe Wände bis dicht unter den Gipfel reichen. Das entspricht der stärkeren und längeren Vergletscherung des höheren Berges in der Eiszeit. (Phot. Göttinger.)

Frühzeit der Entwicklung. Ein Höher- oder Schmälerwerden der Rücken oder gar ihre Ausbildung zu Firstkämmen nach Fig. 13 und 14 wird dadurch ausgeschaltet. Nur wenn nahe benachbarte Dolinen sehr groß und tief werden, können sich Kämme zwischen ihnen in Gestalt mehr oder weniger ringförmig angeordneter Höhen wieder einstellen. In unseren Alpen war das nirgends der Fall. So sehr der Kalk chemisch angreifbar ist, so fest ist er gegenüber dem mechanischen Zerfall. Weil er im inneren Gefüge einheitlicher ist als die sehr zusammengesetzten kristallinen Gesteine mit ihrer rauheren Oberfläche, wird sein Zerfall auch nicht auf dem Umwege der Auflösung der zuerst zersetzten Bestandteile, Einschlüsse usw. gefördert. Infolgedessen erhalten die spärlichen tief gewordenen Täler in einem emporgestiegenen Kalkgebiet steilere Wände als gleich tiefe Täler in anderen Felsarten bei gleich rascher Hebung. Ein solcher Karst bleibt ärmer an Tälern, aber diese sind der Form nach größtenteils Schluchten mit verhältnismäßig festen Wänden.

Die hier umrissene Abfolge der Bodenformen eines aufsteigenden Kalkgebirges geht um so ungestörter vor sich, je mächtiger sein Gestein auftritt und je weniger andere Schichten damit wechsellagern, es seien denn nahe verwandte dolomitische Felsarten. Das Dolomitgestein selbst nimmt eine Mittelstellung ein. Bald verhält es sich wie ein undurchlässiges Gestein mit großer Taldichte, bald läßt es den schönsten Dolinenkarst entstehen. Es kommt dabei wohl besonders auf die Menge des im Dolomitfels neben dem Mineral Dolomit stets vorhandenen Kalkes an und wohl auch auf den Grad der mechanischen Zerdrückung, welcher der Dolomit während der Gebirgsbildung bei starken Beanspruchungen eher unterliegt als der Kalk. Auch wo sich im Kalk Täler allein im Gefolge von Senkungsvorgängen entwickelten oder nach dem Einsturz von Höhlendecken, zeigen ihre Gehänge eine haltbare Steilheit. Demgemäß wurden in der Eiszeit derartige Täler, besonders die breiteren, nicht so stark umgestaltet wie schmale V-förmige und der Anteil der Eisarbeit an ihrer Form ist oft schwer nachweisbar und abzugrenzen. Die Karbbildung bleibt spärlich und knüpft eher an schrägstehende Dolinen oder an die Ausrißnischen von Bergstürzen in den verwitterten Wänden an, mangels der Sammeltrichter im Ursprungsgebiet der Gewässer.

Indem so eine nicht zu große Anzahl von Musterformen vorgeführt ist, ist es leichter möglich, mit ihrer Hilfe die Fülle wechsellagerter Gestalten der Täler und Berge unserer Alpen geistig sich anzueignen. Man braucht nur noch jedesmal darauf hinzuweisen, in welchen allgemeinen Zügen die wirklichen Gebirgsformen den abgeleiteten gleich sind und worin sie davon abweichen.

Wir fußen auf dem ältesten, bisher erkannten Zustand der heutigen Alpenoberfläche im ganzen, d. h. wir gehen von Flachlands- und Mittelgebirgsformen aus; dabei ist zu beachten, daß randliche Gebiete länger unter Wasser waren als die benachbarten im Inneren und daß durch ungleich rasche Hebung die ältesten Bodenformen zu verschiedenen Zeiten durch andere, höhere ersetzt wurden. Über die Bedeutung dieser Zeitunterschiede im Gange der Veränderungen des Gebirges wird erst eine noch bedeutend verstärkte Durchforschung des Gebirges Aufschlüsse liefern in einem Zeitalter, wo jeder dazu befähigte Fachmann zu jeder passenden Zeit ohne alle Fahrkosten an jeder ihm als wichtig auffallenden Alpenstelle wird mit der Arbeit einsetzen können.

Im Wienerwald und in dem ganzen Streifen des Flysches (Mergel + Sandsteine) sind heute noch Rückenformen allgemein verbreitet. Zum nicht geringen Teil sind diese Rücken zerschnittene Einebnungen eines noch älteren Flachreliefs; es wurde von der Brandung der letzten Wasserstände des Meeres am Alpenrand und des nachgefolgten Sees am pannonischen (östlichen) Ufer des Gebirges überspült und abgenagt. Wegen des Wechsels der Spiegelhöhen einerseits und wegen junger Verbiegungen im Innern des Festlandes daneben stellen die Rücken dieses Gebirgssteiles im ganzen keine Scheitelflur dar.

Höchstens im Wienerwalde dürfte man in begrenztem Umfange auf die Zerschneidung einer einst ziemlich gleichmäßig gehobenen Plateauform schließen und auch da nur zwischen dem Tullnerfeld oberhalb der Wiener Pforte und dem Tale des Wienflusses.

Die österreichischen Kalkvoralpen, die nach S folgen, steigen, grob geschätzt 500 bis 600 m höher empor als das Rückengebirge der Flyschzone; auf

die schon berührte Eigenart der Kalkvoralpen²⁾ wollen wir nach Betrachtung der Kalkhochalpen östlich vom Inn zurückkommen, wo sie verhältnismäßig einfach gestaltet sind. Die Kalkhochalpen sind um weitere 700 bis 900 m höher als ihre Vorlagen.

Die sanften Rücken und Talformen einer einst überall begrünten Mittelgebirgslandschaft finden wir, wo sie noch erhalten sind, erst hoch oben, nachdem die steilwandigen Außenabfälle erstiegen sind. In jener alten Zeit flossen die Gewässer aus dem höheren Rückengebirge der Zentralalpen quer durch das noch flacher geformte Kalkgebiet zum Alpenfuß. Beim langsamen Fortschreiten der Hebung verloren die Kalkalpen nicht allsogleich ihr Flußnetz, sondern empfingen zunächst selbst Mittelgebirgsformen durch das Zusammenwirken von langsamer Hebung und Wasserarbeit.

Dieses Relief besaß jedoch ebenfalls keine Scheitelflur, denn die Kalkhochalpen bildeten damals nicht bloß eine weitgespannte Auftreibungswelle, sondern umfaßten mehrere solche Wellen mit einer deutlichen Neigung zur Entwicklung kleinerer Längstäler (d. h. westöstlich verlaufender). Dadurch wurde das einfache Netz der alten Abdachungsflüsse verändert.

Das Rascherwerden der Hebung führte weiters auf dem oben geschilderten Wege die Verkarstung des Kalkgebirges herbei. Nur die stärksten Flüsse versiegten hiebei nicht: es waren jene, die aus den großen Längstälern am Fuße der Zentralalpen kommend, an gewissen Stellen in scharfer Biegung ihren Querlauf durch den Kalk antraten, nämlich Enns, Salzach, Inn. In den großen Längstälern, die sich erst bei fortschreitender Hebung ausbildeten und immer mehr eintieften, wurden die Flüsse von der Hauptwasserscheide der Alpen her kräftig gespeist, indem sie all die Wasserläufe an sich zogen, die vorher unbehindert über den Kalk hinweg aus dem Gebirge geflossen waren. Infolgedessen blieben die Abflüsse der großen Längstäler als oberirdische Wasseradern auch im Kalk siegreich und nagten darein steilwandige Durchbruchstäler, zum Teil mit Schluchtförmigkeiten wie im Gesäuse oder wie bei der Enge des Passes Lueg in Salzburg. Da aber die Kalkhochalpen in viel mehr Stöcke zerlegt werden, als der Zahl dieser Durchbrüche entspricht, müssen sich allein durch die Bewegungen der Erdrinde in ihnen auch Quersenkungen ausgebildet haben oder sogar Risse, an deren Grund undurchlässige Gesteine auftraten, die auch kleineren Gewässern die weitere Talbildung und Zerlegung der Gruppen erlaubten.

Ungleich waren die Schicksale der alten Rückenlandschaft im Kalk, die zu großen Höhen emporgetragen, sich wegen der Austrocknung der Oberfläche im großen und ganzen nicht schlecht erhalten hat. Allerdings zog die unterirdische rasche Abfuhr alles Regenwassers die Bildung von Dolinen (Karstrichtern) an vielen Stellen nach sich. Diese haben das ursprünglich gleichsinnige Gefälle der gehobenen Täler und ihre sanften glatten Abhänge oft unterbrochen. Eine Veränderung durch solche Kleinformen macht aber im großen nicht immer etwas aus. Besonders findet sich das milde Aussehen der Kuppen und Rücken dort, wo die Kalkhochalpen nur 1500 bis gegen 2000 m hoch wurden, so daß nach der Eiszeit wieder das wechselnde Grün der Matten, Weiden und des Krummholzes die runden Scheitel überziehen konnte. Diese Landschaft ist ja den

²⁾ Vgl. die Ausführungen zu Fig. 15.

Staff 1307 m

Unterberg 1341 m

zur Reiselpe
gehörig →



Fig. 1. Blick vom Handlesberg, 1369 m, bei Schwarzau im Geb. nach Nord auf die niederösterreichischen Kalkvoralpen. Im Vordergrund dicht zertaltes Dolomitgebiet mit Firstkämmen (850 bis 1050 m). Im Hintergrund einzelne höhere Kalkberge. Am Horizont die Flyschrücken. Im Rücken des Beschauers die Kalkhochalpen. Die im Dolomitgebiet ihre Quelladern sammelnde Schwarza fließt links vom Beschauer im tiefen Tal ihrem Durchbruch durch die Kalkhochalpen entgegen. (Phot. Lehmann.)

Dachstein 2996 m

Sarstein,
1973 m



Fig. 2. Blick vom Schönberg, 2093 m, im Toten Gebirge nach SW auf den Sandling, 1717 m, im Salzkammergut. Die kleine Gruppe des Sandlings, 1717 m, oder des Ausseer Salzberges ist hier deutlich als allseitige kräftige Aufwölbung zu erkennen, welche Eigenschaft bisher noch nirgends hervorgehoben wurde. (Phot. Lehmann.)

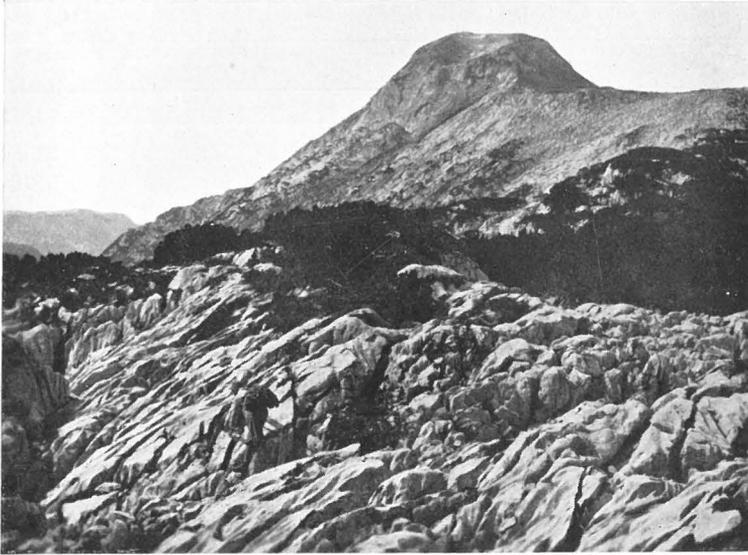


Fig. 3. Der Elmberg, 2124 m, im Toten Gebirge, aus Nordost gesehen von der untersten Plattform seines Sockels. Karrenbildungen, ebenso rauh wie im Vordergrund, reichen bis unter den Gipfelkegel. Sie bewirken, daß selbst sehr geübte Touristen, die den undeutlichen Jagdsteig kennen, der streckenweise verfolgbare ist, zur Überwindung des Höhenunterschiedes von 450 m mindestens zwei Stunden in Anschlag bringen. Jeder andere, der diesen Steig verliert, braucht drei Stunden und darüber. (Phot. J. L. Merz.)

Rotg'schirr
2257 m

Schermberg
2391 m

Gr. Priel
2514 m

Temelberg
2329 m

Feuertalberg
2370 m



Fig. 4. Blick vom Gipfel des Elmberges nach Nordost auf den höchsten Teil des Toten Gebirges. Man beachte die rundliche Gipfform des Feuertalberges in völlig nacktem Kalk. Ganz links unten die „Elmflecke“, die letzten grünen Weiden auf dem Nordostteil des Toten Gebirges (ohne Almhütte). (Phot. Lehmann.)

Wienern von der Oberseite der Raxalpe und des Schneeberges her wohl vertraut. Aber schon in diesen Fällen war die Hebung nicht gleichmäßig. Was einst höchstens als wellige Faltung die Oberfläche unebener machte, als die Flüsse erst allmählich aus dem Landschaftsbilde schieden, das steigerte sich zu Zerreißen, so daß fast jeder Kalkstock in sich aus ungleich gehobenen Schollen besteht. An ihrer gegenseitigen Grenze ziehen Wandstufen durch die verworfenen alten Rückenflächen, Stufen, deren Höhe meist 100 bis 300 m beträgt. Ein uns vertrautes Beispiel sind die Lechnermauern auf der Raxalpe. Kalkstöcke, deren Höhen zwischen 1800 und 2300 m liegen, wurden seit der Eiszeit nur teilweise wieder vom Pflanzenwuchs erobert. Wo die Vegetation nicht hingelangte oder noch sehr schütter ist, beherrschen die zahllosen „Karrengebilde“ die Oberfläche, ein Wechsel enger Furchen, noch kleiner als kleine Dolinen und scharfer Aufragungen dazwischen. Es handelt sich einfach um Anätzungen des Gesteins durch rinnendes Regenwasser oder um Auslaugung enger Fugen zu Klüften („Rillen- und Kluffkarren“). Das „Steinerne Meer“ ist weithin eine Karrenlandschaft, deren Name noch verrät, daß es einst flache Formen waren, die allen Erd- und Pflanzenkleides entblößt, nunmehr in so absonderlicher und gefürchteter Art zerschundet sind. In den höchsten Teilen der Kalkhochalpen, von etwa 2200 m aufwärts, sind bereits mehrjährige Firnflecke auch ohne Schutz einer Beschattung häufig und wenn die Sammelgebiete des Eises über 2500 m erheblich hinaufreichen können, so überziehen Gletscher den Kalk. Aber auch die Namen der Gletscher wie „Karlseisfeld“ und „Übergossene Alm“, bezeugen die mäßigen und sanften Neigungen des Untergrundes.

In den höheren Gruppen der Kalkstöcke ist die gegenseitige Verwerfung einzelner Stücke der alten Oberfläche oft gewaltig. War schon durch die mehrfache Wellung zur Zeit der erlahmenden normalen Talbildung das Aufkommen einer Gipfflur in den Kalkhochalpen verhindert, so erst recht durch die Bildung tektonischer Horste und Gräben. Großartige Beispiele hierfür bietet das Tote Gebirge. So ist der Sockel des Elmberges, 2124 m, (Tafel XV, Fig. 3), mehrseits von beobachteten Aufbiegungen und Brüchen in genauem Einklang mit seiner Oberfläche begrenzt. Ja, der schöne Gipfel selbst, nach Geyer ungeschichteter Riffkalk, zeigt eine Zerlegung des Felsens in Platten, viel dünner als die Schichten des sonstigen Dachsteinkalkes in der Umgebung. Es sind höchstwahrscheinlich Verschiebungsflächen, die den Fels in sogenannte „Gleitbretter“³⁾ zerlegt haben,

³⁾ Dieses Wort stammt von A. Spitz †. Auf Gleitungen an Zerreißenflächen, deren dichte Schärung oft nur mikroskopisch verfolgbar ist, lassen sich, wie Walter Schmidt gezeigt hat, viele Züge des nach ihm vielfach scheinbaren Faltenwurfes der Alpengesteine zurückführen. („Gesteinsformung“, Denkschrift d. Naturhist. Museums, Wien, Bd. 3, 1925.) Indem er so den Begriff des tektonischen Gleitbrettes vertiefte und voll auswertete, gab er ihm in der Geologie eine Bedeutung, welche jener der „Gipfflur“ in der Geographie mindestens gleichkommt. Seitdem gibt es besonders in den Ostalpen zwei Angelpunkte bei der mechanischen Deutung der Faltungen und des Deckenbaues, welche vielleicht bestimmt sind, einander zu ergänzen. Die andere, ältere Deutung ist die Otto Ampferers, in mannigfachen Schriften festgelegt, wonach im Gesteinsbau der Alpen Wälzbewegungen maßgebend sind, die sich unter einem merklichen Anteil rollender Reibung vollziehen, insofern sich die bewegten Gesteinsmassen am Grunde gewöhnlich wirbelartig aufspalteten.

und der Gipfel gleicht einem ziemlich steil aufgerichteten Kartenspiel aus steinernen Blättern. Er ist vielleicht noch jüngst an mehreren dieser Gleitfugen schräg heraus und empor geschoben worden.

Durch Rindenbewegungen direkt erzeugte Berge gibt es dort mehrere: so unterliegt es keinem ernststen Zweifel, daß die Weiße Wand, 2189 m, die man vom Elmberg aus im Südosten einsam aufragen sieht, von unten emporgepreßt wurde, obwohl sie und ihre sehr schwer gangbare Umgebung morphologisch unerforscht sind. Die Weiße Wand sieht man auf der Fig. 19.

Weiße Wand

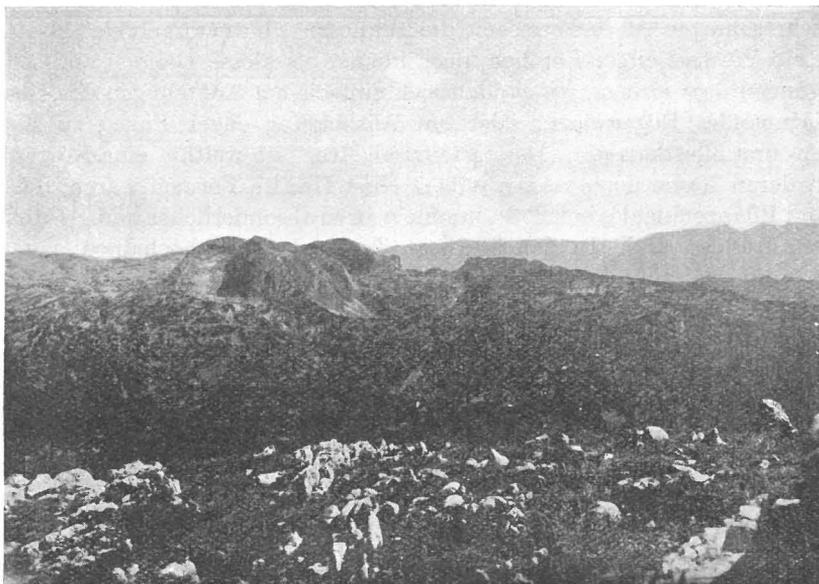


Fig. 19. Blick vom Gipfel des Elmberges nach Südost auf die Weiße Wand, 2189 m. Man beachte die Verwitterung im Riffkalk des Elmgipfels. Rechts hinter der Weißen Wand schaut z. T. der Große Tragl, 2175 m, hervor. Ferner ist die breite Einsattelung zwischen Sturzhahn und Traweng zu sehen. Man überblickt den im Sommer am wenigsten besuchten, unbekanntesten Teil des Toten Gebirges. (Phot. Lehmann.)

Die im Vergleich zum Gebiet der Weißen Wand sehr gut erschlossene Nachbarschaft des Großen Priels, die man im Nordosten vom Elmberg sieht, stellt eine ganze Gruppe von Horstbergen und Bruchschollen dar, wobei sich die zugehörigen Verwerfungen in dieser furchtbar verkarsteten Landschaft meist deutlich verfolgen lassen. Nur sehr wenig erinnert hier an einstige Flachheiten. Die bauchige Südwestseite des Großen Priels, 2514 m, weist übrigens Fugen auf, die ebenso wie die des Elmgipfels als Verschiebungsbahnen gedeutet werden dürfen. Nur sind die „Gleitbretter“ am Priel erheblich dicker. Dementsprechend löst sich hier von ihrem Ausstreichen ein sehr derber Blockschutt ab, am Elmberg nur ein kantiger, aber unangenehm beweglicher Grobschutt. Als dünne Auflage an zum Teile steilen Böschungen ist diese Art Schuttbildung im Kalk

sehr selten. Sie läßt einen fast die Vermutung wagen, daß die Gleitverschiebungen durch die Innenkräfte noch nicht völlig erloschen sind. Die Berge um den Großen Priel zeigt Tafel XV, Fig. 4.

Es ist klar, daß eine Art der Bergbildung, wie sie hier geschildert wurde, das Auftreten einer Gipfflur ausschließt, wie sie bei einfachen, weitgreifenden Hebungsvorgängen in Erosionsgebirgen möglich ist.

Diese Krustenbewegungen auf kleinen Flächen, Bewegungen, die den Kalkhochalpen noch über den Wänden der Außenabfälle aufregend jähe und unruhige Umrisse verleihen, sind auch der eine Hauptgrund der eigenartigen Belebtheit des Gebirgshorizontes der Kalkvoralpen. Insoweit hier zum Kalk noch Dolomit und verschiedene, geradezu mürbe Gesteine hinzutreten, wird der Wechsel sogar noch mannigfaltiger. Doch die Gewaltsamkeit der Umrisse, die den klüftigen siebartig wirkenden Kalkschollen des Hochgebirges nicht selten verliehen ist, kommt in den weniger hoch bewegten Voralpen nicht zustande, in denen vielmehr die undurchlässigen Zwischenschichten und Unterlagen die nagende Arbeit eines oft sogar dichten Gewässernetzes bis zur Gegenwart wirksam gelassen haben.

Um die besprochenen Eigenheiten der Voralpen an einigen Fällen zu erläutern, sind auf Tafel XIV, Fig. 1 u. 2 beigefügt. Die eine zeigt links den 2996 m hohen Dachstein, davor den 1973 m hohen Sarstein und noch näher in der Mitte die kleine Gruppe des Sandlings 1717 m oder Ausseer Salzberges. Man steht nordöstlich von diesem auf dem Schönberg (Wildenkogel), dem vorzüglichsten Aussichtsgipfel (2093 m) im westlichen Toten Gebirge. Die Sandlinggruppe ist der Form nach für sich allein eine ungewöhnlich schöne und deutliche Auftreibung auf engem Raume. Dies verraten dem Auge auch die Gipfelschichten in schwach geneigter Lagerung. Im Innern aber ist im Bau der Gruppe die allseitige Wölbung kaum zu erkennen. Die felsigen Schichten, die es dem Blick leicht machen, das oben aufklaffende Gewölbe scheinbar regelmäßig zu schließen, gehören gar nicht derselben Formation an, sondern liegen bei sehr großem Altersunterschied einander dennoch in gleichen Höhen gegenüber.⁴⁾ Das kann besonders von 1200 bis 1300 m aufwärts festgestellt werden. Zudem sind sie selbst zum Teil ihrem Untergrunde erst aufgeschoben; aber die jüngste Bewegung, welche dieses seltene, in seiner Besonderheit aber voralpine Landschaftsbild beherrscht, ist eben doch die allseitige Aufwölbung des innerlich verwickelten Schichtverbandes des Sandlings.

Weil die Deutung gerade auch der voralpinen Schichtverbände in Geologenkreisen eine verschiedene und auch ziemlich veränderliche ist, wurde auch Fig. 15 nicht für einen bestimmten Fall gezeichnet, sondern schematisch, wodurch der Gesteinsverband deutlich nur solche Bewegungen hervorhebt, die für die Oberflächenformen maßgebend sind; hingegen erlaubt uns die Weglassung der in Wirklichkeit stets vorhandenen reichen Verwicklungen, rein morphologische Gesichtspunkte ohne Stellungnahme zu vielerörterten Auffassungen der Nachbarwissenschaft zu erläutern.

Wie uns Tafel XIV, Fig. 2 zeigt, drängen im Salzkammergut weder die hochalpinen noch die voralpinen Berggipfel zu einer gleichmäßig ausgespannten Fläche hinan. Ja nördlich von den abgebildeten Höhen kommen sogar neuerlich größere Erhebungen vor, die das Bild nicht mehr zeigt, darunter das Höllen-

⁴⁾ Die östlichen Gesteine links (oberster Jura) ragen aber um gut 200 m höher empor als die westlichen Gipfelschichten (Hallstätter Trias des Raschberges).

gebirge bei Ischl mit hochalpinen Zügen, dessen Höhe von 1862 m in Niederösterreich wohl als hochalpine angesprochen werden müßte, aber nicht in einer vom Dachstein beherrschten Landschaft.

Fig. 1, Tafel XIV zeigt eine bemerkenswerte Stelle in den niederösterreichischen Voralpen. Hier liegt, rings eingefaßt von einer lockeren Reihe höherer Kalkberge und -plateaux eine einförmige Berglandschaft aus Hauptdolomit, die für sich fast lauter Kammschneiden bildet, gewissermaßen auch mit einer „Gipfflur“ von etwa 950 m. Es ist dies aber nicht jene Flur der höchsten Scheitel und Kämme, die den Horizont beherrschen, von der früher die Rede war und auf die der Name beschränkt bleiben soll. Vielmehr überschreiten zwölf bedeutende Kalkberge im Umkreis des Dolomitgebietes 1100 m, die Mehrheit davon 1200 m, sechs sind über 1300 m hoch.⁵⁾ Die größere Festigkeit des Kalkes und die Tatsache, daß in ihm und im nächsten Umkreis seiner Gipfel das Talnetz weitmaschiger ist, haben zunächst zur Erhaltung seiner größeren Höhen und zum Teil breiterer Formen beigetragen. Eine andere Frage aber wäre erst zu lösen. Durch die niedrige Landschaft der Dolomitfirste, aus der Fig. 1, Tafel XIV einen kleinen Ausschnitt zeigt, zieht unauffällig eine örtlich bedeutende Wasserscheide. Von ihr nordwärts und ostwärts verlassen die Flüsse die Alpen auf kurzem Wege, hingegen fließt stracks nach Süden die Schwarza, die weit verzweigte Quellbäche sammelt, dann aber sogar einen Durchbruch zwischen den vordersten Stöcken der Kalkhochalpen vollzieht (unterhalb Schwarzau im Geb.), indem sie zwischen Schneeberg und Rax eine Schlucht durchmißt, um erst am Fuß des Semmeringgebietes zum Wiener Becken zurückzubiegen. Vielleicht ist die Wasserscheide im Dolomitgebiet von Haus aus doch nicht niedriger gewesen als der Ring der kalkigen Erhebungen der Voralpen, den alle Abflüsse aus dem Innern der Gegend durchqueren. Dann läge hier eine erst später noch örtlich gesunkene Gipfflur vor.

Die beiden im Bilde vorgeführten Beispiele aus den österreichischen Voralpen liegen fast an deren entgegengesetzten Enden. Die Landschaften sind so verschieden, daß niemand einen Schluß auf das Dazwischenliegende wagen könnte. In Wirklichkeit übertrifft der Wechsel im Streichen dieses Gebietes alle wissenschaftliche Phantasie, was ungewöhnlich reich verknüpfte Formen betrifft, man denke nur an die Ötschergegend. Es wird ein schöner Fortschritt unserer Wissenschaft sein, wenn einmal ein Geograph die Hauptzüge dieser Voralpen mit ebensowenig Worten und Bildern darstellen kann, wie es hier mit den ganzen österreichischen Alpen geschieht und wenn er dabei nicht unsicherer aufzutreten braucht und so verständlich bleiben kann, wie es hier angestrebt wird.

Die Kalkalpen in Nordtirol und Bayern mit ihren schönen, meist nach Süden höher aufragenden Ketten kann ich nicht in gleicher Weise landschaftlich morphologisch vorführen. Denn das Betreten dieser Gebiete war mir nur selten und kurzfristig möglich. Ohne ausreichende eigene Anschauung behält auch in der Landeskunde die Heranziehung der Literatur die Unzulänglichkeiten jedes Sammelberichtes. Durch freundliche Auskünfte eines jüngeren

⁵⁾ In diese Reihe gehören der Türitzer Höger 1373 m, die Reisalpe 1398 m, Unterberg 1341 m, Kieneck 1107 m, alles beliebte Ausflugsberge der Wiener, ferner der Handlesberg 1369 m und der Obersberg 1464 m bei der Sommerfrische Schwarzau im Geb. und die Dürre Wand 1220 m.

Kollegen, dem das Geschick eine bessere Kenntnis Nordtirols gegönnt hat und der zugleich aufmerksam die Gesichtspunkte dieser Darlegungen anhörte, erhärtet sich das folgende knappe Urteil, das der Literatur und den Karten keineswegs so hätte entnommen werden können.⁶⁾ In den nördlichen Kalkalpen links vom Inn vereinigt sich eine größere Mannigfaltigkeit wechselnder Gesteinslagen mit Krustenbewegungen, bei denen jene bis über 2000 ja bis 3000 m emporgetragen wurden. Ein kammreicher, in seiner Belebtheit eigentlich voralpiner Formenschatz ragt hier ebenbürtig den Kalkstöcken östlich vom Quertal des Inns empor. Dabei treten Plateaustöcke in den Nordtiroler Kalkalpen ungefähr so zurück, wie sie ab und zu fremdartig in den österreichischen Voralpen mit Höhen zwischen 1000 und 1500 m auftauchen.

Was die mir ebenfalls nicht näher bekannten Lienzer Dolomiten betrifft, so wird ihre morphologische Ähnlichkeit mit manchen Zügen der Nordtiroler Kalkalpen mehrseits betont, und die südlichen Kalkalpen jenseits des karnischen Hauptkammes außerhalb unseres Landes sind sehr übereinstimmende Gegenstücke der stockförmigen Kalkhochalpen.

Richten wir nun unsere Blicke auf die Zentral- und Schieferalpen. Zur Zeit der allgemeinen Verbreitung rundlicher Rückenformen dürften die Zentralalpen überall die größten Höhen aufgewiesen haben, weil in ihnen die Hebung am frühesten eingesetzt hatte oder am wenigsten langsam vonstatten ging. Demgemäß muß man sich in ihnen zuerst ein ausgedehntes Vorkommen schon kräftiger Mittelgebirgsformen denken. Wo der Vorgang der Hebung nach einer Zeit der Ruhe, die von vielen Forschern angenommen wird, neuerlich einsetzte, nagten die Flüsse ihre Täler noch tiefer aus. Diese wurden tief genug, daß dort, wo ihre Abhänge sich oben schnitten, Firstkämme entstehen mußten. Aber nicht immer kam es so weit (vgl. Fig. 13), manchmal verhinderte dies eine zu geringe Taldichte. Wie schon erwähnt, sind ausgedehnte Firstlandschaften ohne Umgestaltung durch die Eiszeit, als bloßes Wasserwerk, sehr selten. Flächen, welche durch die Verkarstung vor der weiteren Talbildung verschont blieben, gab es nur in den ganz vereinzelt Kalkvorkommen innerhalb der Schiefer- und Zentralalpen. Daß sich überhaupt in den größeren Höhen noch breitere Rücken mindestens bis zur Eiszeit, in Steiermark und Kärnten auch bis heute erhalten konnten, ist dem Hemmnis zuzuschreiben, welches die Wasserarmut der obersten Bachverzweigungen für die Talvertiefung darstellt. Das vorderste zentralalpine Massiv mit einer wohl erhaltenen Breite der Formen im Bereich seiner ziemlich wichtigen Wasserscheide, der Wechsel 1738 m an der südöstlichen Grenze von Niederösterreich, grüßt an klaren Tagen noch das Wiener Becken. In den steirisch-kärntnerischen Zentralalpen, deren 2000 m nicht viel überragende Scheitel in der Eiszeit keine wesentliche Umformung erfuhren, kann es fast als Regel gelten, daß die Wasserscheiden umso breitere Rücken bilden, je höher sie sind, und daß die niedrigsten von ihnen zwischen nahe benachbarten Waldgräben gelegentlich sogar zu Kammschneiden geschärft sind. Diese Regel wird nur unterbrochen, wo die breitesten Rücken zwei verschiedene Höhenlagen bevorzugen. Dann hat die Forschung zu untersuchen, ob die niedrigeren von

⁶⁾ Man betrachte auf unserer schraffierten Spezialkarte 1:75.000 z. B. den Sandlingstock und vergleiche damit die Photographie. Tafel XIV, Fig. 2.

diesen breiten Rücken nur durch ein örtliches Absinken der ursprünglich einheitlichen Gipfellochlandschaft zu erklären sind oder ob es sich um zerschnittene Verebnungen an einem früheren Gebirgsrand handelt aus einer Zeit, als ein längerer Stillstand der Bewegungen vorhielt. Daß Absenkungen und Schiefstellungen die östlichen Zentralalpen betroffen haben oder daß Teile von ihnen bei der weiteren Hebung auffällig zurückblieben, darf als gesichert gelten. Die hier dargelegten Umstände wirken zusammen dahin, daß sich sinnfällige Gipfelfluren in den östlichen Zentralalpen nicht finden lassen. Verschiedene Gruppen dieses Alpentales verbindet überhaupt keine Gipfelflur. Wohl aber ist auf ihren rundlichen Höhen, die sich nur durch die Nadelwälder vom freundlichen Wienerwald unterscheiden, schon am Fuß der eigentlichen Gipfelkuppen ein freier Blick „von Gebirg zu Gebirg“ möglich, anders als auf den zerworfenen Plateaux der Kalkhochalpen, in denen nur eine Auswahl der Gipfel eine weite Aussicht bietet. Und leichter als in diesen, stellt sich in den steirisch-kärntnerischen Zentralalpen die Ahnung der einst allgemein verbreitet gewesenen offenen Landschaft mit sanft geschwungenen Höhen ein.

In der Stubalpe und Koralpe liegen die östlichsten Kare also noch im Umkreise einer klaren Aussicht, wie man sie von den Anhöhen bei Graz genießen kann. Geht man ins obere Gurkgebiet hinein, so liegt im linken Quellast des Tales von Deutsch-Griffen der westlichste Waldgraben vor uns, der an der Südseite des steirisch-kärntnerischen Hauptkammes nur aus Sammeltrichterformen, gemäß Fig. 17a, hervorgeht, während in der etwas höheren Nachbarschaft alle Talursprünge (am selben Kamm) Karformen aufweisen. Über einige Sättel weiter östlich floß noch Eis aus dem Murtal in die Täler der Südseite.

Der Waldgraben von Deutsch-Griffen liegt 77 km westlich der Koralpe und 110 km westlich des Murtales unterhalb von Graz. Man muß hier gut $\frac{1}{12}$ der Alpenlänge westwärts gehen, ehe die Alleinherrschaft des glazialen Reliefs beginnt.

Haben die Niederen Tauern, nördlich der Gurktaler Alpen über der Mur liegend, heute gletscherfreie, aber ausgeprägte Hochgebirgsformen aus der Eiszeit, so sind die Hohen Tauern auch heute noch stark vereist, so daß es nicht viele gletscherfreie Übergänge gibt; von ihnen hat das Gebirge den Namen. Wer von einem der vielbesuchten Aussichtsberge der Salzburger Schieferzone — etwa von der Schmittenhöhe aus — die Hohen Tauern betrachtet, wird mehr als in irgendeinem der bisher behandelten Fälle den Eindruck eines ausgedehnten und bedeutenden Hebungsbereiches von großer Massigkeit erhalten. Es genügt zum gleichen Zweck sogar eine gute Panoramaaufnahme von der Schmittenhöhe. Das ist bemerkenswert, denn auf der Schmittenhöhe steht man noch beträchtlich unter der Höhe der tiefsten Tauern(pässe) und von ihrem Kamm nicht sehr weit entfernt. Beides ist der Erfassung einer Gipfelflur ungünstig, denn nähere und niedrigere Spitzen scheinen manche fernere und höhere zu überragen. Gleichwohl ist der empfangene Eindruck sogar soweit richtig, daß in dem allgemeinen Walle der Hohen Tauern im ganzen besondere Aufbiegungen der Gipfelflur bemerkbar sind, denen die einzelnen vergletscherten Gruppen, so des Venedigers, so des Großglockners usw. entsprechen. Und in allen Teilen der zentralen Hochalpen, wo ihnen nicht Kalkgruppen aufsitzen, kann man sagen: einer Hebung gegenüber, welche die Oberfläche der Erdrinde bis zu 2 km über die Nachbar-

schaft emporgetragen hat, können sich Schollenverbiegungen, die nur wenige hundert Meter ausmachen, nicht störend durchsetzen. Wo man solche vermuten darf, nehmen sie überdies einen viel größeren Raum ein als in den Voralpen, in denen ein Unterschied von 200 bis 300 m Höhe durch ungleiche Hebung auf engem Raum sich bereits nicht mehr in die Bergeshöhen seiner nahen Umgebung einfügt. Es wurde bereits dargelegt, in welcher Weise die Talursprünge und -querschnitte von den Gletschern in der Eiszeit umgewandelt wurden und Fig. 17 hat es uns erläutert. Nun hat sich soeben gezeigt, daß die Gratkämme und Spitzen des vereisten Hochgebirges, obwohl sie die früheren Rücken und Firste verdrängt haben, das einzige Gebiet unserer Alpen darstellen, wo es einen guten Sinn hat, eine annähernd zutreffende Gipfflur zu sehen, die Haupt- und Seitenkämme umfaßt, die bald eine mehr rundliche, bald eine pultförmige Hebung annehmen läßt, diese besonders in den Ötztaler Alpen.

Damit sei die Darstellung der Höhen beendet. Den übrigen Raum beanspruchen andere wichtige Formen. Es bleiben zu erklären die häufig durch Wasserfälle oder Klammen ausgezeichneten Talstufen.⁷⁾ Wir begeben uns damit auf ein Gebiet ausgebreiteter und gründlicher Untersuchungen. Leider sind dabei auch die Meinungen sehr geteilt. Daher ist der feste Boden der Tatsachen auf den Talgründen für das Aussprechen allgemein geltender Lehren keineswegs fruchtbarer und hat hierin vor dem sinnfälligen Eindruck der in mancher Beziehung luftigen Gipfflur eigentlich nichts voraus.

Die Talstufen treten auf als starke Gefällsbrüche im Längsschnitt der Talsohlen und als Stufenmündungen der Seitentäler, deren Wasserlauf demgemäß ins Haupttal hinabfallen muß. Solche Seitentäler heißen Hängetäler. Für diese kommen hier folgende vier Erklärungsversuche in Betracht, welche für die Verhältnisse der Ostalpen passen:

Dabei ist vom Falle des Gesteinswechsels abgesehen. Sowohl Flüsse wie Gletscher arbeiten in festen Felsen langsamer in die Tiefe als in mürben. Natürlich können so talabwärts gerichtete Stufen entstehen.

1. Die Sohle des Haupttales hat sich durch Rindenbewegungen gesenkt, und zwar so rasch, daß weder die Aufschotterung des Hauptflusses noch die Talbildung der einschneidenden Nebenflüsse deren Mündungen gleichsohlig erhalten konnte.

2. Die Hauptflüsse haben ihre Täler rascher vertieft als die Seitentäler, und zwar infolge einer entsprechenden Hebung und Auftreibung des Gebirges im Ganzen.

Ohne eine derartige Gefällszufuhr vermag die Überlegenheit der Hauptflüsse, die ja auch vor allen gleichsohligten Nebentälern wasserreicher sind, keineswegs die Gleichsohligkeit der seitlichen Mündungen durch Stufen zu ersetzen.

3. Nicht die Hauptflüsse, sondern die Hauptgletscher haben bei vorschreitender Eiszeit ihre Täler in tiefere Eisstrombetten verwandelt, als die Nebengletscher die Seitentäler.

4. Die Hauptflüsse schnitten infolge einer entsprechenden Hebung vor Beginn der Eiszeit noch kräftig ein, als die Nebentäler schon unter dem Schutze einer Firn- und Eisdecke lagen.⁸⁾ So wurden diese von der Eiszeit als Hängetäler hinterlassen.

⁷⁾ Hier sei an die Liechtensteinklamm und die Krimmlerfälle erinnert.

⁸⁾ Die Erklärungsversuche 2 und 4 weisen den Hauptflüssen die entscheidende Rolle bei Entstehung der Stufenmündungen zu und stehen einander auch insofern

Die Stufen im Längsschnitt der Täler können im Sinne aller dieser Erklärungen dadurch entstanden sein, daß die Seitenflüsse schon früh, spätestens in den Unterbrechungen der Eiszeiten, Schluchten und Klammen in die Mündungsstufen sägten und so den Gefällsbruch als Talstufe ins Seitental hinein und flußaufwärts rückten. Der vierten Erklärung der Hängetäler entspricht es, wenn ein Gletscher in einem Tal mit gleichförmiger Breite nach Aufnahme eines Seitengletschers seinen eigenen Bettgrund, im Haupttal also, mehr vertieft und so im Längsschnitt eine Stufe erzeugt, die sich zu den übrigen hinzugesellt. Es ist von vornherein nicht wahrscheinlich, daß alle diese Stufen, die ganz verschiedene Steilheiten aufweisen, auf einerlei Art entstanden seien. Die Wahrheit liegt hier so wenig „in der Mitte“ wie in anderen Fällen, sondern sie ist auf die verschiedenen Ansichten aufgeteilt, in einem Verhältnis, das die Wissenschaft noch aufzuhellen hätte.

Bei sorgfältiger Absuchung der besten Anwendungsgebiete für die verschiedenen Erklärungsversuche findet man Fälle, wo nur einer von allen vieren ohneweiters brauchbar ist. So z. B. gilt im Liesingtal die Erklärung 1 ganz allein, wo es einer geraden breiten Furche im Gebirgsbau folgt, in der nw der Walder Höhe auch das Paltental verläuft. Der Grund des Liesingtales ist von mächtigen Flußaufschüttungen erfüllt. Da nun alle Forscher darin einig sind, daß das Liesingtal hier von keinem Gletscher betreten wurde, ebensowenig wie der größte Teil aller Nebentäler, bleibt nur der Schluß übrig, daß deren Stufenmündungen über einem Senkungstreifen liegen, dem sich das offenbar tektonisch erzeugte Haupttal anschließt. Nach begründeten Lehren verschiedener Forscher sind auch das obere Murtal und der Pinzgau u. a. durch Einsenkung im Bereich der Sohle ausgebildet worden. Diese beiden und andere Täler wurden in der Eiszeit auch von mächtigen Gletschern durchströmt, was bei Erwägung ihrer Hängetäler nicht übersehen werden darf. Das Paltental, das nur eine sanfte Talwasserscheide vom Liesingtal in derselben Furche trennt, hat ebenfalls Stufenmündungen der Nebengewässer. Die eine Art solcher Stufen, die beiden Flußstrecken gemeinsam ist, tritt bei Gehängebächen auf, die einen kristallinen Kalkzug überschreiten müssen, der fast parallel zum Haupttal in die herrschenden schieferigen Gesteine eingeschaltet ist. Es sind dann immer steile und ziemlich hohe Stufen. Bei den größeren Nebenflüssen zeigt sich, daß ihre Stufenmündungen im Paltental auffällig höher als im Liesingtal sind.⁹⁾ Nun hat der Ennsgletscher eine Seitenabzweigung ins Paltental herein bis fast zur Ort-

nahe, als ihre Anhänger besonders gegen die Erklärung 3 auftraten. Meine Anordnung reiht aber die Erklärungen 3 und 4 aneinander, weil beide die Stufenmündungen als Nachlaß des Eiszeitalters auffassen, während die Stufenmündungen nach Erklärung 1 und 2 auch in stets unverleitet gewesenen Gebirgen möglich wären.

⁹⁾ Eine abschließende Untersuchung werde ich vornehmen, sobald ich lückenlos die Längsschnitte aller Seitentäler der Palten-Liesingfurche in großem Maßstabe zur Verfügung haben werde. Ich besitze bereits eine große Zahl davon durch das Entgegenkommen der forsttechnischen Abteilung für Wildbachverbauung in Graz, in deren Amtsräumen ich mit freundlicher Erlaubnis des Herrn Forstrates Ing. Rud. Schnürch und bestens unterstützt von Herrn Offizial Karl Pichler tagelang aus den Riesenprofilen der verbauten Wildbäche Gefällstabellen entnehmen konnte. Ich spreche hiefür meinen herzlichen Dank aus.

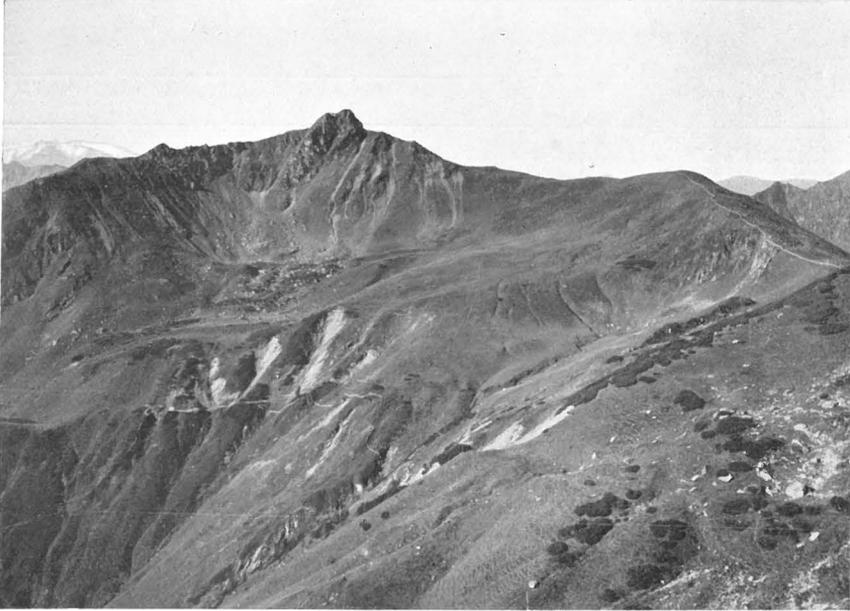


Fig. 5. Hoher Mothstein, 2063 m, mit dem Nordostkar in den Kitzbüheler Schieferalpen. Da dieser Alpenteil vom Eis der Hohen Tauern und des Pinzgaues überschwemmt war, das vielleicht auch den Paß rechts im Bilde erreichte, erzeugten die eigenen Gletscher des bescheiden aufragenden Gipfels Kare mit entsprechend geringer Tiefe. Die Wände haben den Kamm nur teilweise zugeschärft. Andererseits ist ihr Fuß bereits wieder von Schutthalden verdrängt (vgl. Abb. 17c im Text).
(Phot. Dr. N. Lichtenegger.)

Riffler 3245 m



Fig. 6. U-Tal des oberen Zemmgrundes in den Zillertaler Alpen, gesehen vom Nordostgrad des Schönbichlerhorns, nach Nordwest. Muster eines einstigen Flußtales, das während der ganzen Eiszeit bis etwa zur Höhe der Marke rechts als Gletscherbett gedient hat. (Phot. Dr. N. Lichtenegger.)

schaft Wald geschoben. Es bleibt zu untersuchen, ob die größere Höhe der nicht vom Gestein abhängigen Stufenmündungen hier dem Gletscherschurf zuzuschreiben ist oder einer rascheren Senkung der Sohle des Paltentales, obwohl diese 60 m höher ins Ennstal mündet als die Liesing in die Mur.

Wo aber Einigkeit darüber herrscht, daß gewisse Täler nur durch Ausnagung eingetieft wurden, jedenfalls aber keine jungen Senkungstreifen sind, da scheidet die Erklärung 1 aus, und wenn benachbarte Stufenmündungen bedeutende Höhenunterschiede (über 100 m) aufweisen, wird zunächst der Erklärungsversuch 4 unanwendbar. Denn dann müßte man zugeben, daß schon vor der angenommenen Schutzwirkung der Firneinlagen und des Gletschereises in den Nebentälern die höchsten von diesen höher als die anderen mündeten, d. h. unerklärt bleibende Mündungsstufen besaßen. Auch für die Erklärung durch vorauseilende Talerosion des Hauptflusses ist ein solcher Tatbestand eine unüberwindliche Schwierigkeit, für die Erklärung 3 jedoch eine starke Stütze, wie gleich gezeigt werden soll. An und für sich schließen die beiden Erklärungsversuche 2 und 3 einander nicht aus, wie man wegen der Lebhaftigkeit beim Meinungskampf der beiderseitigen Anhänger geglaubt hat. Denn es ist eine verfehlte Übertragung physikalischen Denkens auf die Natur, zu meinen, eine Erklärung müsse allen Fällen gerecht werden. Eine Erklärung, die Alleinherrschaft anstrebt, ist in der physischen Erdkunde schlechter als eine andere, die darauf verzichtet, wenn sie nur den Umfang ihrer Geltung durch Beweise sorgfältig abgrenzt. Was in der Physik störende Einflüsse auf das Experiment sind, kann in der Landschaft das Wesentliche sein, darum ist hier schon eine „Erklärung“ etwas anderes als in der Physik, wenn auch ihr Zweck, Zusammenhänge zu erhellen, der nämliche ist.

Wägen wir nun die Berechtigung der Erklärungen 2 und 3 gegeneinander ab. Wo ein Hauptfluß in der Tiefennagung vorauseilt, muß ein starker Nebenfluß ebenso hoch herabfallen, wie ein viel schwächerer in der nächsten Nähe. Denn die Wassermenge hat wohl Einfluß darauf, wie rasch eine Stufe zurückverlegt und wie sehr sie unter Umständen abgeschrägt wird. Aber auf die Höhe einer Stufe, die an der Mündung selbst liegt, hat sie in vielen Fällen gar keinen Einfluß. Unter bestimmten Umständen nämlich, wo die Wasserfälle auf die Laufstrecke oberhalb keinen „Zug“ ausüben, gibt es dort kein beschleunigtes Fließen und auch keine dadurch gesteigerte Erosion und es entfällt die Erniedrigung der Wasserfälle von oben her. Man nennt ein solches Gewässer hydraulisch einen „Bach“. In Abhängigkeit von Tiefe und Geschwindigkeit fließt er schneller als sich Wellen in ihm nach allen Seiten fortpflanzen. Dabei sind nicht nur Oberflächenwogen gemeint, sondern auch jede Ausbreitung örtlicher Änderungen des Bewegungszustandes in die Länge. Gewässer, die sich anders verhalten, sind Flüsse. „Flüsse“ im hydraulischen Sinne können weniger Wasser führen als Bäche, indem sie so langsam fließen, daß Wellen sich rascher also auch flußaufwärts ausbreiten. Ihre Wasserfälle üben den bekannten Zug aus. Sie schrägen durch beschleunigtes Fließen die Gefällsstufe von oben her ab. Die Folge davon ist, daß dort, wo nie ein Gletscher war, wo aber wirklich der Hauptfluß in der Talvertiefung voraneilt, nur Nebenbäche eine Stufe an der Mündung selbst haben, Nebenflüsse aber nicht.

Die Nebenflüsse haben dann nur einen steileren Unterlauf und je stärker sie sind, desto mehr muß man suchen, um ziemlich weit im Seitental drinnen merklich flachere Gefällsstrecken zu finden. Die weitere Folge ist, daß Nebenbäche, die noch eine Mündungsstufe (laut Erklärung 2) haben, auch, wenn sie sehr ungleich viel Wasser führen, gleich hohe Mündungsstufen über einer gemeinsam benachbarten Hauptflußstrecke haben müssen. Dies gilt ebenso, wenn dieser Hauptfluß hydraulisch selbst ein Bach ist. So hilft die Hydrodynamik uns in Fragen der Bodenformen weiter, daß wir sagen können: auch die Erklärung 2 hat nicht dort ihr reines Anwendungsgebiet, wo in Erosionstälern die Mündungsstufen benachbarter Hängetäler sehr ungleich hoch sind. Erwägen wir nun Erklärungsversuch 3. Wie die Betten der Flüsse, so stehen auch die Betten der Gletscher — das sind unsere Hochgebirgstäler alle gewesen, ein kleiner Teil ist es noch — in enger Beziehung zur Speisung der Strömung. Die stärkeren Flüsse haben tiefere Betten und umgekehrt.

Nicht nur wird daher das Hauptbett nach Schwinden seines Gletschers tiefer gefunden als die Nebenbetten der Seitengletscher, es sind auch die Mündungsstufen umso niedriger, je tiefer das Hängetal ist; dabei sind die Höhenunterschiede dieser Stufen (100 bis 300 m) so bedeutend, daß wir auch sehen können, wie die Tiefe der Hängetäler sehr stark abhängt von der verschiedenen Arbeitsleistung ungleicher Seitengletscher. Für deren Stärke fehlt uns freilich ein stets befriedigender unabhängiger Maßstab. Denn Einzugsgebiet und Gefälle eines verschwundenen Gletschers reichen ohne Kenntnis der eiszeitlichen Niederschläge nicht immer aus, um die ehemaligen Stärkeverhältnisse an sich zu beurteilen. Ja die Kerbe der Schlifffgrenze, von der man das Gefälle am Gehänge wie von einer Ufermarke des alten Gletschers ablesen könnte, ist oft schon zu sehr verwittert.

Da aber derartige Höhenunterschiede der Mündungsstufen starker Nebenbäche in den Alpen vorkommen, so ist das Versagen aller anderen Erklärungsversuche, die vielfältige Beobachtung herbeischaffen konnte, allein schon eine Stütze für die Annahme einer überlegenen Bettvertiefung durch den Hauptgletscher und für die Annahme von kleineren Bettvertiefungen merklich verschiedenen Ausmaßes als Werk ungleicher Nebengletscher.

Obwohl es zunächst sonderbar erscheinen mag, seien auch noch die Anwendungsgebiete für den Erklärungsversuch 4 gekennzeichnet, der annimmt, daß vor Beginn der Eiszeit durch lange Zeiträume Seitentäler unter dem Schutze von Firn- und Gletschereis lagen, während im Gefolge einer Hebung der Hauptfluß noch stark sich eintiefen konnte. Wo im Talhintergrunde sich die Seitenwände ohne Höhenänderung zu einem Zirkus vereinen, der als Stufe im Längsschnitt erscheint und Trogschluß heißt, kommen Fälle vor, in denen die übrigen Erklärungen 2 und 3 versagen, wenn ein Senkungstreifen von vorne herein außer Betracht kommt. Oft ist ein solcher Trogschluß so nahe unter die Gratwand der rückwärtigen Wasserscheide gerückt, daß dazwischen nur ein bescheidenes Eisfeld Platz hätte, oder noch heute dort liegt. Auch jede denkbare seitliche Eiszufuhr konnte nur von einer seichten Gehängevergletscherung gespeist sein, weil Kare, Hängetäler u. dgl. fehlen. Die Stufe zeigt uns dann an, wie weit vor der Eiszeit die Talvertiefung durch den Fluß ins Innere

gedrungen ist, und daß schon damals eine örtlich beschränkte Vereisung dem Einschneiden des Flusses ein Ziel setzte. Während sonst im undurchlässigen Gestein eine Talvertiefung so nahe den Ursprüngen allmählich erlahmt, indem die veränderlichen und schwachen Schuttgerinne ihre Kräfte verzetteln, verleiht ein ständiger Eisfleck dem Fluß einen an eine bestimmte Stelle geknüpften Ursprung, der an Kraft dem jähen Einsetzen einer Karstquelle gleichkommen kann. Nur so wird es möglich, daß eine Talvertiefung an diesem festen Ursprung eine Stufe erzeugt. Die großen Gletscher der Eiszeit konnten im Bestande solcher Stufen nicht mehr viel ändern, sondern deren Abfall nur dem U-Querschnitt der Täler anpassen. Münden ferner im Umkreise einer gleichmäßigen Trogschlußwand ungleich große Hängetäler gleich hoch, in denen die Gletscher nachweislich lange Zeit gerade bis zur Mündung reichten, dann ermutigt das auch zur Anwendung der Erklärung 4. Wenn gar unter zwei Quelltälern das größere eine Stufenmündung über dem kleineren hat, wie ich einen Fall an den Ursprüngen der Sarca in Südtirol genau kenne, dann versagen die einander so feindlichen Erklärungen 2 und 3 alle beide und es bleibt nur der Schluß, daß der größere aus höherem Gebirge gespeiste Quellast bis zur Vereinigungsstelle vereist war, als nur noch im kleineren Quelltale das Wasser einschneiden konnte. Der Trogschluß des kleineren Quelltales liegt dabei ein Stück oberhalb der Vereinigung. War eine derartige Mündungsstufe hoch, so konnte sie während der ganzen Eiszeit nicht verwischt werden.

Es liegt kein Widerspruch darin, daß Gletscher in einem Falle eine gewisse Schutzwirkung ausüben sollen und daß sie anderwärts die Täler kräftig vertiefen. Ebenso hat man gelernt, daß das Wasser sowohl das Gestein ausnagen als auch sein Bett unter Umständen durch Aufschütten erhöhen kann. Ja diese Gegensätze ergänzen einander notwendig, bei der Gletscherarbeit wie bei der Flußarbeit. Auch im Gleichgewicht können Flüsse verharren und wahrscheinlich auch die Gletscher. Wegen der Verschiedenheit der Arbeitsweise ist es ganz gut möglich, daß ein Gletscher in nächster Nähe eines einschneidenden Flusses aufschüttet und umgekehrt.

Bedenken wir zum Schluß, daß die reinen Anwendungsgebiete für jeden einzelnen Erklärungsversuch der Stufen selten sind, weil die reiche Geschichte der Alpen oft das Zusammenwirken zweier Stufenbildner, aber auch ihr Gegeneinander mit sich brachte, so begreifen wir, warum in den meisten örtlichen Fällen eine Entscheidung im Widerstreite der Meinungen derzeit noch ausstehen muß, umsomehr als im Längsschnitte der Täler auch Härteunterschiede der Gesteine Stufen verursachen können.

Ganz besonders haben ruckweise Hebungen von gar nicht geringem Ausmaß die Alpen tatsächlich gar nicht viel vor Beginn des Eiszeitalters ergriffen, wofür so manche Stufen im Längsschnitte der Täler sprechen. Einzelne Gruppen wurden dabei mehr für sich gehoben und stiegen über ihre Randtäler empor, andere Gruppen am Alpenrand hoben sich über das Vorland zum Teil mitsamt den Talsohlen. Diese letzten Vorgänge, die da und dort zu pultförmigen Aufrichtungen kammreicher Gruppen und Plateaustöcke wesentlich beitrugen, haben wohl die Höhe des Gebirges gesteigert, aber keine weitere Zuschärfung seiner Kämme bewirkt. Denn die letzten Folgen der Tiefennagung beschränkten

sich noch auf die unteren Teile der Täler in der Form tiefer Kerben, als die Eiszeit kam. Fig. 20 zeigt einen so verursachten Querschnitt.

Ein solcher Talquerschnitt lebt noch fort nach der U-förmigen Ausweitung, Streckung und Vertiefung der Kerbe durch die Gletscher, indem die Steilheit der Gehänge nach oben abnimmt bis zum Fuß der Gratwände. Die so gestalteten geräumigen Alpentäler sind es ausschließlich, in denen dann alle ständigen Siedlungen und viele zeitweilige Wohnstätten der Menschen Raum gefunden

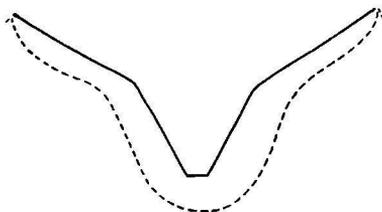


Fig. 20. Ausgezogen: Voreiszeitliches Tal mit tiefer Mittelkerbe als Folge rascher gewordener Tiefennagung des Flusses nach kräftiger Hebung. Gestrichelt: Der vom Eise umgestaltete Gesamtquerschnitt.

haben. Tafel XVI, Fig. 6 zeigt eine solche Talform in der Landschaft. Vgl. damit auch Fig. 16. Der sichtbare Teil des Tales dient nur noch der Almwirtschaft, obwohl er bis 1250 m hinabreicht. Er ist im Winter sehr lawinengefährlich.

Schlußbemerkung.

Im Vorstehenden sind nicht nur eigene Forschungsergebnisse verwertet, sondern auch die anderer, welche ganz oder soweit übernommen wurden, wie es mir möglich war. Die genauen Nachweise für die Art dieser Quellenbenutzung hätten eine Flut von Fußnoten erfordert, die in einem solchen Vortrag nicht am Platze ist. Daher wurde auf Anmerkungen ganz verzichtet. Es wird aber kein Fachgenosse eine Zurücksetzung darin erblicken, wenn ich hier eigens meinen Lehrern danke. Wie schon erwähnt, hat A. Penck den schönen Ausdruck Gipffelur eingeführt, und der Leser weiß, wieviel meine Ausführungen durch diese Vorstellung gewonnen haben. Diese Anerkennung wird nicht vermindert durch den Umstand, daß ich mich von der inzwischen schon abgeflauten Mode ferngehalten habe, allenthalben in den Ostalpen und darüber hinaus „Gipffeluren“ zu konstruieren nach nicht ganz einleuchtenden Grundsätzen. Und wenn nun in meinen Darlegungen eine ebenso verspätete, wie gar nicht geplante Absage an diese Mode gefunden wird, so steht sie doch jeder Herabsetzung der dankbar hervorgehobenen Anregungen fern.

In tiefer Wehmut gedenke ich hier auch Ed. Brückners, der in diesem Jahre aus dem Leben geschieden ist. Er war der erste, welcher die volle Tragweite der Lehre von den sanftwölbigen Landoberflächen auf der Oberseite einzelner Kalkstöcke klar erkannte, einer Lehre, die zuerst fast übervorsichtig aufgetaucht war. Er hat ihr dauernden Halt verliehen, indem er in Arbeiten seiner Schule für die Ausbreitung der Beobachtungen auf immer weitere Gebiete sorgte. Endlich hat Brückner diese fruchtbare Lehre siegreich hindurchgeführt durch eine theoretisch veränderte Einstellung der Geomorphologie nach dem Kriege, dies im Verein mit N. Lichtenecker.