

DIE PIEDMONTTREPPE IN DER REGIONALEN GEOMORPHOLOGIE

H. Spreitzer

Mit 5 Abbildungen

Um die Theorie der Piedmonttreppen (Rumpftreppen) ist es stiller geworden. Als 1924 durch *Walter Penck* „Morphologische Analyse“ trotz mancher Vorläufer zum erstenmal das Problem in seiner ganzen Bedeutung aufgerollt und in einer zweiten nachgelassenen Schrift (1925) am Beispiel des südlichen Schwarzwaldes dargestellt worden war, hatte sich durch ein Jahrzehnt hindurch eine so rege Auseinandersetzung um die theoretische Seite der Frage entwickelt, daß sich seither fast ein gewisser Überdruß eingestellt hat. Dies gilt für die ursprüngliche, von *W. Penck* aufgeworfene morphotektonische Hauptfrage, die darin besteht, ob eine Rumpftreppe, das heißt ein Stockwerkbau von übereinander angeordneten erosiv ausgeräumten Rumpfflächen, auch ohne Unterbrechung eines Hebungs- oder Wölbungsvorganges entstehen kann. Eben dies hatte *W. Penck* behauptet, indem er einen zeitlich gleichförmigen, stetig beschleunigten, jedoch nicht episodenhafte unterbrochenen oder gehemmten Aufwölbungsvorgang mit wachsender Phase als ausreichende endogene Voraussetzung annahm.

Dies ist von der Kritik abgelehnt worden. Auch als der Verfasser dieser Schrift 1932 den Versuch unternahm, mit anderen Mitteln zu zeigen, daß es doch — neben der ausdrücklich anerkannten Begünstigung durch Unterbrechungen des Wölbungsvorganges — auch Möglichkeiten gäbe, die Formengemeinschaft einer Piedmonttreppe unter Umständen ohne solche Unterbrechungen der Aufwölbung zu deuten, wurde dies bekämpft und der angezeigte Weg nicht weiter verfolgt. Lediglich die morphologischen Experimente von *A. Wurm* (1935/36) haben im Anschluß daran gezeigt, daß zumindest im Zusammenhang mit den vielfach an die alten Rumpfschollen anstoßenden Schichtstufenländern sich auch ohne Wölbungsunterbrechung ein Stockwerkbau in den Rumpfschollen selbst ergeben kann. Die morphologisch so verschiedenwertigen Gesteine des mesozoischen Schichtengebäudes wirkten nämlich bei der Herausschälung der Rumpfschollen aus ihrer Hülle jeweils als unmittelbare Erosionsbasen für das dahinter aufsteigende Gewölbe und konnten dadurch an dessen allmählich bloßgelegter Abdachung einen Wechsel von Steilhängen und weiten Abtragungsflächen schaffen. Trotz solcher Möglichkeiten bietet indes die Annahme, daß die einzelnen Flächen einer Pied-

monttreppe in Ruheperioden der Aufwölbung herausgearbeitet wurden, nicht nur die allseitig unbestrittene, sondern auch tatsächlich die einfachste Erklärung. Sie umfaßt den allgemeinen Fall der Bildung, demgegenüber andere Möglichkeiten als Sonderfälle vorkommen mögen.

Hat die Frage der morphotektonischen Grundlagen eine rege Diskussion ausgelöst, so ist bald auch eine andere Seite des Problems zur Geltung gekommen. Auch bei günstigen morphotektonischen Voraussetzungen (Einschaltung von Ruheperioden in den Aufwölbungsvorgang) muß doch auch das exogene Kräftespiel besonderer Art sein, um die Form einer Piedmontfläche mit ihrer großen Breite und dem steilen Hintergehänge zu schaffen und, bei Wiederholung des Vorgangs, die Formengemeinschaft einer Piedmonttreppe. In dem heutigen humid-gemäßigten Klima des mittel- und westeuropäischen Raumes kann sie sich auch bei entsprechenden morphotektonischen Voraussetzungen nicht entwickeln. Wohl aber sind es die warmen, wechselfeuchten Klimate, in denen diese Formen noch heute gebildet werden. So hat sie *O. Jessen* in Angola (1936), *N. Krebs* in Vorderindien (6, 7) in Entstehung und Fortbildung gesehen; hier vermag die bedeutende Flächenspülung die Einebnung weiter Flächen im Randgebiet einer Aufwölbung zu schaffen und kann die starke chemische Zersetzung am Fuß höhersteigenden Geländes den charakteristischen Steilhang gestalten. Reiche Beiträge hierfür bietet auch die amerikanische Pedimentforschung. Entsprechende Klimaverhältnisse aber herrschten im Jungtertiär bis zur Grenze gegen das Oberpliozän hin im mittel- und westeuropäischen Raum, in welchem demnach die Rumpftreppen eine so bedeutende Rolle in der Landformung spielen. Aber es sind heute Vorzeitformen. Zum erstenmal mit Nachdruck hat *H. Louis* (1934) auf die klimatische Bedingtheit hingewiesen; besonders hat dann die Diskussion auf dem Internationalen Geographenkongreß Amsterdam (1938) dieser Frage volle Gerechtigkeit zuteil werden lassen.

Die theoretische Seite des Problems der Piedmonttreppe können wir danach in der folgenden Fassung darlegen: Im allgemeinen Fall entsteht der Stockwerkbau einer Rumpftreppe durch intermittierende Unterbrechung eines Wölbungs-

oder Hebungsvorganges. Für die Ausräumung der einzelnen Flächen sind aber auch besondere klimatische Verhältnisse erforderlich, da nur in einem warmen und zugleich wechselfeuchten Klima ein entsprechend wirkungsvolles exogenes Kräftespiel die Formengemeinschaft schaffen kann. Dementsprechend sind in unserem humid-gemäßigten Klimabereich die Piedmonttreppen nicht allein durch spätere endogene Höherschalung außer Aktion gesetzte Altformen, sie sind auch klimatische Vorzeitformen.

Wenn sich im Gegensatz zu der regen Beschäftigung vor ein bis zwei Dutzend Jahren heute die Forschung von der Theorie der Piedmonttreppen ein wenig zurückgezogen hat, so liegt dies letzten Endes auch in der allgemeinen Entwicklung der Geomorphologie. Das Problem der Piedmonttreppen ist immer in erster Linie ein morphotektonisches, d. h. ein Problem, das das Wechselspiel zwischen endogenem und exogenem Geschehen zum Gegenstand hat. Demgegenüber wird heute vor allem den großen klimabedingten Unterschieden des exogenen Kräftespiels in den verschiedenen Räumen der Erde Beachtung geschenkt. Aber wie oben gezeigt wurde, greift auch dieser Fragenkreis in die Piedmonttheorie ein, und davon abgesehen, ist die Frage der Rumpftreppen doch ein Hauptproblem der Geomorphologie geblieben. Das zeigt auch die sehr reiche regionale Erforschung dieser Formengemeinschaft.

Denn während die Lehre von den Piedmonttreppen in dem von *W. Penck* selbst am meisten hervorgehobenen Punkt fast allgemein abgelehnt wurde, ist doch von seinen Arbeiten aus eine ungewöhnliche Belebung der regionalen Feststellungen und Untersuchungen der Rumpftreppen ausgegangen. Wo früher oft nur eine einzige Rumpffläche als krönende Ausgangsform der Landformung erkannt wurde, stellte man nunmehr deren Auflösung in eine stockwerkartige Folge von Rumpfflächen fest: Im Schwarzwald und Odenwald, im Rheinischen Schiefergebirge, im Harz, Thüringer Wald und Vogtland, Fichtel- und Erzgebirge, im Böhmerwald, in westeuropäischen Rumpfschollengebirgen und auch schon in einzelnen Alpengruppen. Wie immer man zur Theorie stehen mochte, die Tatsache des Vorkommens dieses Formenschatzes wurde erst jetzt in seiner Allgemeinheit erkannt.

Den großen, in seiner Bedeutung noch nicht voll erkannten Fortschritt der Lehre *W. Pencks* stellt aber die Erkenntnis dar, daß Wölbungen mit wachsender Phase die Grundlage der Ausbildung der typischen Piedmonttreppen bilden. Welchen Vorteil die Einführung dieser Vorstellung für die regionalen morphologischen Untersuchungen bringt, soll im folgenden gezeigt wer-

den. Der Fortschritt stellt sich am besten heraus, wenn wir Gebiete einer Wölbung mit wachsender Phase solchen von bloß blockförmiger Hebung gegenüberstellen. Dabei nehmen wir in beiden Fällen an, daß jeweils Ruheperioden die Wölbungs- oder Hebungsvorgänge unterbrochen und damit die Gelegenheit zur Ausräumung von Rumpfflächen geboten haben. Diese Vorstellung wird zugrunde gelegt, weil sie — wie oben erwähnt — den allgemeinen und einfachsten Fall bietet und zudem von niemand abgelehnt wurde.

Vorausgeschickt sei, daß eine klare Piedmonttreppenbildung in erster Linie in alten Rumpfschollenländern möglich ist; bei solchen ist die Bedingung einer gewissen Homogenität des Gesteins gegeben. Die ursprünglich viel größeren Unterschiede in der Widerstandsfähigkeit der einzelnen Gesteine sind gemildert, und die immerhin noch vorhandenen Unterschiede sind nicht — wie etwa im mesozoischen Schichtstufenland — an bestimmte, orographisch durchlaufende Zonen gebunden. Aber alte Rumpfschollen sind doch nicht die einzigen Vertreter. Die große Mächtigkeit bestimmter Gesteinsschichten bewirkt, daß auch z. B. in den Gruppen der nördlichen Kalkalpen der Formenschatz auftritt.

Nur echte Piedmonttreppen im morphologischen Sinne, d. h. Stockwerkfolgen erosiv ausgearbeiteter Rumpfflächen, liegen der folgenden Betrachtung zugrunde. Die Fälle einer nachträglichen Verbiegung oder Zerstückelung einer einzigen gleich alten Rumpffläche, durch die unter Umständen ebenfalls morphographisch das Bild eines Stockwerkbaus übereinander angeordneter Rumpfflächenstücke entstehen kann, müssen außer acht bleiben.

In zwei Hauptarten treten die erosiv — durch Flußwerk und Flächenspülung und unter Mitwirkung chemischer Verwitterung — herausgearbeiteten Piedmonttreppen entgegen:

1. Piedmonttreppen, deren Flächen in Ruheperioden eines sich blockförmig heraushebenden Gebietes gebildet wurden;
2. Piedmonttreppen, deren Flächen in Ruheperioden eines sich mit wachsender Phase aufwölbenden Gebietes entstanden sind. Diese zeigen die typische Formengebung.

Der Formenschatz der beiden Arten wird im folgenden einander gegenübergestellt.

1. Im mitteleuropäischen Raum, der vor allem unserer Betrachtung zugrunde liegt, sind die Vorkommen von Rumpftreppen am Rande eines sich blockförmig, ohne wesentliche räumliche Differenzierung heraushebenden Gebietes weniger allgemein verbreitet. Sie können nur dort vorhanden sein, wo Gebirge an Bruchlinien von oft beträchtlichen Sprunghöhen oder an schmalen

Flexuren emporstiegen, wobei wieder die Fälle eines Absinkens der ursprünglich einheitlichen Ausgangsrumpffläche durch Staffelbrüche nach der oben gemachten Voraussetzung, daß nur erosiv ausgearbeitete Stockwerkfolgen unter echten Rumpftreppen verstanden werden können, ausschneiden.

Oft verrät schon eine gewisse Geradlinigkeit des Gebirgsabfalls oder eine anders geartete geometrische Regelmäßigkeit in seinem Grundriß die Heraushebung an Brüchen. Dies trifft für den Harz zu, dessen Nordrand fast geradlinig verläuft und dessen Westrand nach zunächst geradlinigem Verlauf zusammen mit dem Südrand die Form eines recht regelmäßigen Kreisbogens hat, wogegen sich allerdings der Gebirgskörper nach Osten hin nur allmählich senkt und untertaucht. An diesen markanten Rändern im Norden, Westen und Süden ist der Harz in seiner jüngeren Entwicklung — nach Bildung der Oberharzer Hochfläche — im ganzen blockförmig herausgehoben worden. Die verwickeltere, in ältere Zeiten zurückgehende Geschichte der Landformung in dem über die Harzhochfläche aufsteigenden Bergland um den Brocken muß hier außer acht bleiben. Aber für die jüngere Entwicklung bildet der Harz das Beispiel eines im ganzen blockförmig herausgehobenen Gebietes, und zwar erfolgte die Heraushebung in mehreren von Ruheperioden unterbrochenen Phasen. Allerdings ist auch diese blockförmige Heraushebung nicht ganz ohne leichte Verbiegung erfolgt — so rein ist eben kein Fall in der Natur vertreten, daß nicht gewisse Störungen des Idealbildes vorkämen —, aber das Wesentliche der Hebung en bloc: das Aufsteigen an einer recht scharfen Bruchlinie, ist besonders am Nordrand des Harzes vorzüglich entwickelt.

Hier reicht auf größere Strecken hin die unzerstörte Hochfläche des Oberharzes bis an den Gebirgsabfall heran. So ist es zwischen der Nordwestecke des Harzes und der Mündung der Innerste, dann zwischen Grane- und Gosetal, zwischen Gose- und Okertal, zwischen Okertal und Harzburg. Dazwischen aber weist der Abfall Gesimsebildungen auf, von denen alte Talbodenreste entlang den größeren Harztälern in schön erkenntlichen Resten in das Gebirge zurückgreifen. Diese Gesimse sind Ausraumflächen, gebildet in Ruheperioden der Erhebung des Gebirges. Zwei solcher Ruheperioden glaubte ich (1931) an der Ausmündung der Innerste feststellen zu können; sie haben eine „Ältere“ und eine „Jüngere präglaziale Terrasse“ entstehen lassen.

Im Grundriß (Abb. 1) wie im Längsprofil (Abb. 2) entlang der Innerste vom Harzrand bis ins Innere des Gebirges zeigt sich die Größe des

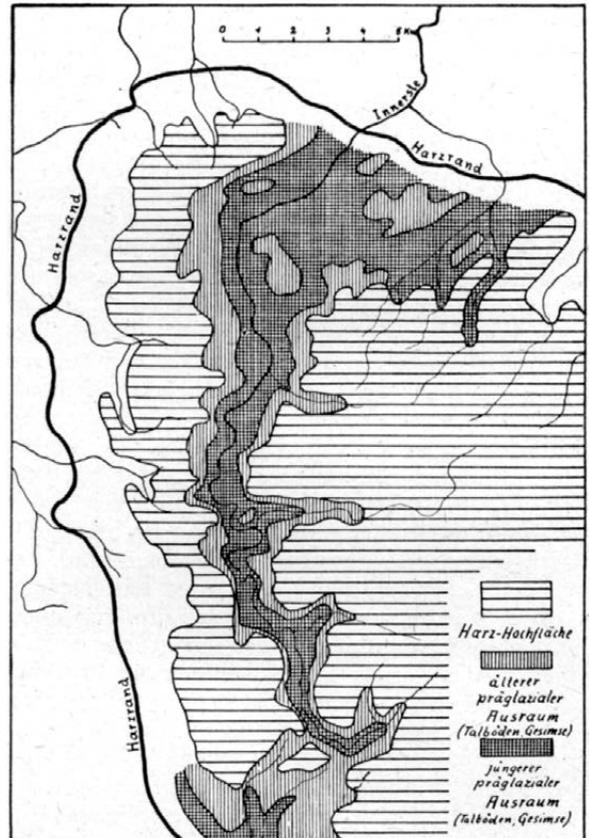


Abb. 1: Größe und Gestalt des jungtertiären Ausraums am Beispiel des NW-Harzes.

Die vereinzelt schmalen Gesimse am Westrand zwischen Rumpffläche und Gebirgsrand sind nicht eingezeichnet.

auf diese Weise entstandenen Ausraums. Selbst an der weit zurückgreifenden und kräftigen Innerste ist nur im Mündungsgebiet in beiden Ruheperioden ein flächenmäßiger Ausraum erfolgt. Er schuf eine trompetenförmige, dreieckartige Erweiterung, die in der Zeit der „Älteren präglazialen Terrasse“ bis zu 5 km vom Harzrand zurückgriff, zur Zeit der „Jüngeren“ 4 km. Dahinter steigt das Gelände unvermittelt und steil zur Harzhochfläche bzw. zur „Älteren“ Terrasse an. Unmittelbar dem Fluß entlang aber griff die von den beiden Gesimsen ausgehende Flußerosion weit zurück und schuf durch eine ausgesprochene, wohl auch durch Flächenspülung verstärkte Seitenerosion breite Talböden. Es muß also in beiden Stillstandsphasen der Erhebung eine lange Zeit tektonischer Ruhe bestanden haben. Sie war gleichwohl nicht imstande, mehr als eine trompetenförmige Gesimsebildung im Mündungsbe- reich zu schaffen. Diese Gesimse kappen allerdings Gesteine der verschiedensten Härtestufen bis zum widerstandsfähigen Diabas, und namentlich das Gesimse der „Älteren präglazialen Ter-

rasse“ tritt im Landschaftsbild wirkungsvoll entgegen (vgl. Spreitzer 1931, Bild 12).

Wenn es sich als richtig herausstellt, daß die von mir (1931 und 1937) als „Ältere präglaziale Terrasse“ aufgefaßte Stufe erst eine „Mittlere Randterrasse“ ist, der eine ältere „Obere“ — hier an der Innerste aufgezehrte — vorausging, wie es J. Hövermann (1949) ausgesprochen hat, so wäre dies für den hier vertretenen Gedankengang noch günstiger. Dann würde sich der ohnedies kleine Ausraum, der zur Bildung des Gesimses meiner „Älteren präglazialen Terrasse“ geführt hat, sogar auf zwei Ruheperioden verteilen und ein noch viel geringeres Ausmaß erhalten.

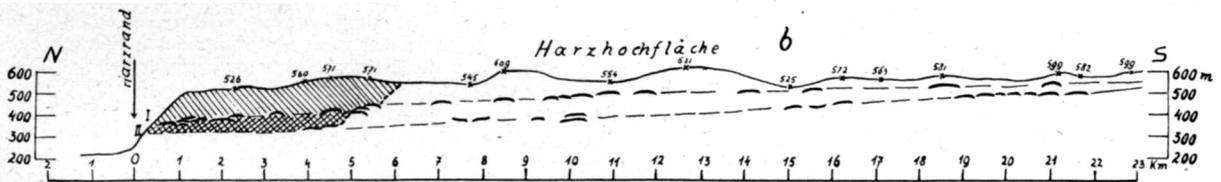
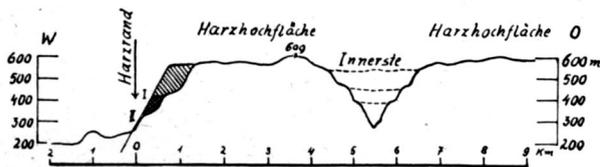


Abb. 2: Größe des Ausraums am NW-Harz (fünffach überhöht).

a) Gesimsebildung am Westrand des Harzes nördlich Seesen und Talbildung der Innerste nördlich Lautenthal im Inneren des Gebirges.

b) Erweiterung des Ausraumes an der Mündung eines größeren Flusses (Innerste).

Hellschraffiert: Ausraum der älteren; dunkelschraffiert: der jüngeren präglazialen Terrasse. Gestrichelte Linien: die entsprechenden alten Erosionsterrassen.

Wie an der Innerste, erfolgte in den gleichen Ruheperioden an anderen größeren Flüssen des Nord-, West- und vor allem auch des Südhazes ein entsprechender, im Mündungsgebiet etwas erweiterter Ausraum. Am nördlichen Teil des Westrandes des Gebirges aber, der keinen größeren Fluß aufweist, sind überhaupt nur schmale Gesimse gebildet worden, die heute als Vorhöhen gleichmäßiger Höhenlage entgegnetreten. —

An einem scharfen, wiederum fast geradlinigen Bruchrand bricht das Isergebirge nordwärts zu der weiten Niederung des Wittigtals bei Haindorf ab. Über 1000 m liegt die sehr ebene Hochfläche (Taubenberg 1069 m, Wittigberg 1058 m, Schwarzer Berg 1084 m). In den steilen Gebirgsrand ist nun ein sehr schönes randliches Abtragsniveau eingekerbt, das durch die Höhen 488, 471, 496, 503, 489 und rund 450 m um den Phonolithkegel Hoher Hain vertreten ist. Als breiter alter Talboden tritt es im oberen Wittigtal im Isergebirge auf, und auch die Paßhöhe von

Philippsgrund stellt sich darauf ein; alles Anzeichen für die erosive Ausarbeitung dieses Niveaus in einer Ruheperiode der Gebirgshebung, die auch hier am Nordrand des Isergebirges blockförmig vor sich ging. Und wieder waren die exogenen Kräfte nur im Stande, ein verhältnismäßig schmales Gesimse, aber keinesfalls eine breite Piedmontterrasse auszuarbeiten.

Endlich sei noch der Südabfall des Erzgebirges erwähnt, der ebenfalls wenigstens stellenweise an Brüche geknüpft (vgl. F. Machatschek, 1917, 1937, 1938) ist. Auch hier sind dann nur schmale Gesimse oder Rampen in Ruheperioden ausgearbeitet worden. Sie stehen in größtem Gegensatz zu den weiten Piedmontflächen der Nordabdachung, die sich mit wachsender Phase herausgeholt hat.

In allen Fällen einer blockartigen Erhebung eines Gebirges wird an den Rändern des Hebungsbereiches in den Ruheperioden der Hebung nur ein verhältnismäßig kleiner Ausraum durch

die Gesamtheit der abtragenden Kräfte erzielt. Lediglich wo größere Flüsse das Gebirge verlassen, gewinnt die Ausräumung durch die Schaffung einer dreieckartigen Erweiterung des Mündungsgebietes größere, aber immer noch bescheidene Werte, sonst entstehen nur schmale Gesimse. Nirgends kommt es bei blockförmiger Hebung zur Schaffung der weiten Flächen, durch welche die typischen Piedmontreppen so auffällig gekennzeichnet sind.

Das gehobene Gebiet bleibt im ganzen unzerstört. Nur an den größeren Tälern wird in den gleichen Ruheperioden eine oft recht bedeutende Seitenerosion ausgeübt, ein Zeichen für die lange Dauer der tektonischen Ruhezeiten. Für die Innerste läßt sich das Gefälle der alten Talböden berechnen: Das heutige Gefälle der Innerste beträgt in ihrem Harzlauf 9,7 ‰, das Gefälle des „Jüngeren präglazialen Talbodens“ vom randlichen Gesimse bis zu den obersten zugehörigen Talbodenresten 7,95 ‰, das der „Älteren prä-

glazialen Terrasse“ 7,0 ‰. Das Gefälle der alten präglazialen Talböden ist also geringer als das des heutigen Flusses. Aber das letztere ist noch vielfach unausgeglichen und weist drei größere Gefällsteilen auf, während es sich bei den zwei präglazialen Gefällskurven um sehr breite, offensichtlich gut ausgereifte Talböden handelt. Hierfür ist das Gefälle sehr groß. Auch wenn man nach Hövermanns Vermutung (1949) die Flächen der „Älteren präglazialen Terrasse“ am Harzrand mit den Talbodenresten meiner „Jüngeren präglazialen Terrasse“ im Innern des Gebirges verknüpfen will, ergibt sich für die so gewonnene Kurve doch noch ein Gefälle von 6,4 ‰. Auch dies ist für die Breite und Reife der Talbodenreste ungewöhnlich groß, so daß doch wohl auch eine leichte nachträgliche Verbiegung anzunehmen ist, die jedoch nicht das Wesentliche der blockförmigen Hebung aufzuheben imstande ist (vgl. oben S. 296).

2. Der eigentlich beherrschende Typ der Rumpftreppen ist dadurch gekennzeichnet, daß das ganze Gebirge von seinem randlichen Abfall zurück bis zum Zentralen Bergland durch eine Stockwerkfolge von übereinander angeordneten, durch steilere Hangstrecken voneinander getrennten, breiten und weiträumigen Rumpfflächen gegliedert wird. Diese Art von Piedmontflächen ist weiter verbreitet als die selteneren schmalen Rampen und Gesimse, wie sie am Rande eines sich

birgsregion aufsteigenden westlichen Zentralalpen an, bei denen sich ein gleichgearteter Stockwerkbau in den Gipfelflurtreppen erkennen läßt, und schließlich ist er auch in Gruppen der Nördlichen wie der Südlichen Kalkalpen vertreten. Man findet den gleichen Typ in den Karpathen, in kleinasiatischen Gebirgen, und zweifellos handelt es sich um eine tellurisch verbreitete Erscheinung, wie etwa auch das Studium von F. Machatscheks „Relief der Erde“ (1938, 1940) zeigt. Dieser Typ von Piedmonttreppen kann nur — wie im folgenden gezeigt wird — durch eine Wölbung mit wachsender Phase erklärt werden.

Das Wesen der Aufwölbung mit wachsender Phase besteht darin, daß von einem zuerst gehobenen Zentralen Bergland aus der Wölbungsvorgang immer weiter ausgreift und immer neue Randregionen mit in seinen Bereich zieht. Dabei werden zugleich mit dem Ausgreifen der Wölbung die jeweils vom neuen Randgebiet aus zentraleren Teile und das zentrale Bergland selbst immer höher emporgetragen (vgl. Abb. 3).

Ob sie dabei zugleich weiter verbogen werden, und zwar die früher angelegten, zentrumsnäheren Flächen und Systeme mehr als die späteren, randlichen, hängt von dem Verhältnis zwischen jeweiligem Höhen- und Breitenmaß der Wölbungsphasen ab. Es sei vorweggenommen, daß in dem im folgenden zu besprechenden Beispiel der Gurktaler Alpen die jeweilige Höferschaltung in den Bewegungsphasen um 100–200 m bei gleichzeitigem Breitenwachstum von 6–10 km (gemessen an der Südabdachung) eine merkliche Versteilung der jeweils älteren Systeme

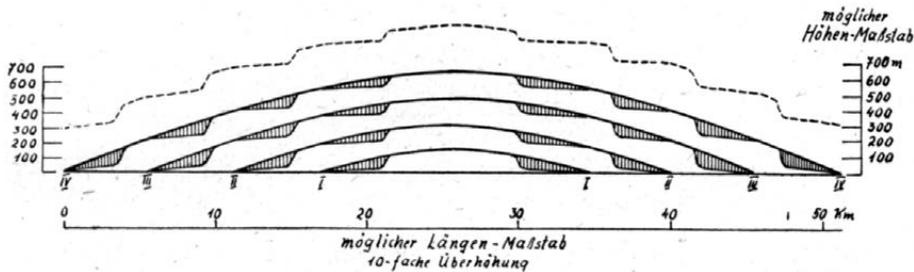


Abb. 3: Die Piedmonttreppenbildung an einem Gewölbe mit wachsender Phase.

blockförmig heraushebenden Gebirges nur an dessen Saume zur Ausbildung gelangen. Sie stellen auch im Landschaftsbild eine bedeutendere Erscheinung der Landformung dar. Sie sind es vor allem, deren allgemeine Verbreitung durch die reiche regionale Forschung in den letzten zweieinhalb Jahrzehnten an den alten Rumpfschollengebirgen des mittel- und westeuropäischen Raumes festgestellt wurde. Der gleiche Typ von Piedmonttreppen ist auch in den Alpen vertreten. In erster Linie sind es hier die östlichen Gruppen der Zentralalpen, angefangen von den Norischen Alpen gegen Osten hin, die ohnedies hauptsächlich Mittelgebirgscharakter haben; ihm gehören aber auch die in die eigentliche Hochge-

brachte. Indes ist bei anderen Maßen auch der umgekehrte Fall denkbar und durch zeichnerische Konstruktion zu zeigen.

Tritt nunmehr eine erste Ruheperiode der Wölbung ein (bei I der Skizze), so werden (unter geeigneten klimatischen Vorbedingungen) die exogenen Kräfte zunächst das periphere Gebiet angreifen und durch Seitenerosion, Flächenspülung und chemische Verwitterung einen oft recht breiten Saum ausarbeiten, während das dahinter gelegene Zentrale Bergland mit verhältnismäßig steilem Hang emporsteigt. Die in einer solchen Ruheperiode geschaffene Fußfläche ist auch die Erosionsbasis für das höhere Gebiet; in oft breiten Buchten und Talböden greift von ihrem Niveau aus die Abtragung zurück.

Erfolgt darauf eine Belebung des tektonischen Wölbungsvorganges, so greift dieser mit wachsender Phase aus (bis II der Abb.), zugleich wird das zentrale Bergland wie auch die in der ersten Ruhezeit der Wölbung gebildete Fußfläche emporgetragen; die letztere ist zu einer Piedmontfläche geworden. In der bei II eintretenden neuen Ruheperiode aber bildet sich wieder eine Fußfläche, die nun ihrerseits als Erosionsbasis für das Zurückgreifen der Erosion gegen das höhere Gelände hin dient. Noch mehrmals kann sich der Vorgang wiederholen. Er schafft die Piedmonttreppe. Die Zahl der einzelnen Piedmontflächen, der von ihnen ausgehenden alten Talböden im Inneren des jeweils höheren Geländes und schließlich der Steilstrecken im Längsprofil der Täler, an denen die rückgreifenden Eintiefungsfolgen jeweils ihr Ende fanden, entsprechen sich.

In den östlichen Zentralalpen ist dieser Typ der Piedmonttreppen vielleicht am schönsten in der Höhenlandschaft der Gurktaler Alpen vertreten. Ihre selbständige Stellung als morphologischer Großraum innerhalb der Ostalpen mit einer Ausdehnung über 2740 km² (nach der berühmten, vor allem von morphologischen Gesichtspunkten geleiteten Einteilung der Alpen durch *A. v. Böhm*) wird besonders durch die fast allseitige Umgrenzung durch Senkungsregionen erzielt. Im Norden erstreckt sich, vom Tamsweger Becken gegen Osten ziehend, die doppelt gegliederte Norische Senke, im Osten die alte Senkungsregion des Neumarkter Sattels und südlich davon das Senkungsfeld des Krappfeldes — eine Ausstülpung des Klagenfurter Beckens —, im Süden das Klagenfurter Becken selbst und das Drautal, und auch im Westen zieht entlang dem Lieser- und weiter dem Lausnitztal eine Erniedrigungszone dahin. Gegen diese Randgebiete erniedrigen sie sich stufenartig von einem ein wenig aus dem geometrischen Mittelpunkt gegen Nordwesten hin verschobenen zentralen Höhenggebiet, das auf über 2300 m, in einigen Gipfeln auch auf über 2400 m ansteigt. Wohl ist das Gebiet von Armen des eiszeitlichen Drau- und des Murgletschers durchzogen gewesen und hat auch eine beträchtliche Eigenvergletscherung getragen, und doch herrscht im ganzen die Landformung der Mittelgebirge. Daß schließlich die Höhenwelt des Gebietes über die Waldgrenze aufsteigt, läßt die Großformen besonders gut erkennen.

Die Gurktaler Alpen sind auch ein Raum alter geomorphologischer Erforschung, von der hier nur drei Autoren herausgegriffen werden, weil sich an den durch sie vertretenen Auffassungen das hier zur Erörterung stehende Problem am deutlichsten zeigen läßt. Zuerst hat *K. Oestreich* (1899) die Gurktaler Alpen in seine große Konzeption, die die Landformung beiderseits der

Norischen Senke umfaßte, einbezogen: Durch eine mehrmalige Höhershaltung des umfangreichen Gebietes, die sich ohne Annahme irgendwelcher Verbiegungen, also blockförmig, vollzogen habe, sei eine Reihe von übereinander angeordneten, aber auch ineinander greifenden Niveausystemen geschaffen worden, indem jede Ruheperiode der Hebung neue „Talanlagen“ brachte. Die Höhen der Niederen Tauern um 2500 m stammen danach aus einer ersten, die vor allem südlich davon vertretenen um 1800 m aus einer zweiten, die um 1500 m aus einer dritten „Talanlage“, die alle noch vortertiär seien. Dann sei im Tertiär die vierte „Talanlage“ mit Höhen um 1300 m gebildet worden, und eine fünfte „Talanlage“ habe die Talböden von 1000—700 m geschaffen. Diese Werte sollten auch für den Nordteil der Gurktaler Alpen noch gelten.

Die Schwierigkeit einer solchen Vorstellung liegt darin, daß einerseits weite Höhenlandschaften erhalten blieben, andererseits unmittelbar daneben und dazwischen sehr ausgedehnte Gebiete ohne erkenntliche Ursache für eine solche Differenzierung ausgeräumt wurden. Dies hat *A. Aigner* (1922 und 1925) zu einer neuen Erklärung veranlaßt, indem er nach Bildung einer alten Flachlandlandschaft eine Zerstückelung des Gebietes durch Brüche und schmale Flexuren annahm. Das Nebeneinander von weitverbreiteten Flächensystemen verschiedener Höhenlage wurde damit erklärt. Durch tektonische Vorgänge wäre eine ursprünglich gleichaltrige Flachlandschaft in recht verschiedene Höhenlagen gebracht worden. — Den gleichen Grundgedanken vertritt auch *H. Paschinger* (1935), der ein Abbiegen der obersten Flächensysteme von der höchsten Gipfelregion der Gurktaler Alpen gegen das Klagenfurter Becken hin annimmt, wobei die jeweils obersten Flächen so wie bei *Aigner* einander gleich alt sind.

Eine jüngste Deutung der Großformung der Gurktaler Alpen hat der Verfasser zunächst für den nordöstlichen Abschnitt zu geben versucht (*Spreitzer*, 1951), dabei die auch hier vertretenen Anschauungen über deren Morphogenese dargelegt sowie die übrigen zu dieser Frage in Betracht kommenden Beiträge erörtert.

Ein kristallines Grundgebirge mit verschiedenartigen Gneisen, mit Glimmerschiefern und Phylliten, Marmor- und Kalkbändern nimmt den größten Teil des Raumes ein. In der im nordöstlichen Teil des Gebietes gelegenen Murauer Mulde sind altpaläozoische Phyllite und Kalke verbreitet; im Paläozoikum an der Paal, in der Turbacher Mulde und auf der Stangalpe jungpaläozoische wie auch mesozoische Gesteine (bis zum Rhät): Quarzite und Serizite, erzführende Dolomite und Kalke, Sandsteine, Tonschiefer, Konglo-

merate mit Landpflanzen und Anthrazitlagern aus dem Karbon. Aber über Gesteinsunterschiede und tektonische Linien, auch über die nur aus dem ostalpinen Deckenbau erklärbaren Überschiebungen ziehen indes die Großformen der Oberfläche im ganzen unbeeinflusst hinweg. In der exogenen Gestaltung der Landschaft ist ihre Erklärung zu suchen.

Deutlich läßt sich das Zentrale Bergland als geschlossene Region höchster Erhebung erkennen. Wie erwähnt, liegt es ein wenig aus der Mitte der ganzen Gruppe gegen Nordwesten verschoben und erhebt sich auf über 2300 und stellenweise (besonders in seinem nordöstlichen Teil) auf über 2400 m. Fast kreisrund umgrenzt, erstreckt es sich 28 km von West nach Ost, 22 km von Nord nach Süd.

Auffällig ist die gleichmäßige Höhe seiner Gipfel. Die durch sie rekonstruierte Flur bietet das Bild einer flachwelligen Rumpffläche, und als eine solche ist sie die älteste Ausgangslandschaft (A-System der Landformung des Gebietes; ursprünglich in dieser Lage entstanden, ist sie seither in die heutige Höhenlage gebracht und durch die Talbildung zerschnitten worden.

Allseitig ist das Zentrale Bergland von einer nächsttieferen Gipfel- und Flächenregion in 2200 bis 2100 m umgeben (B-System). Dieser aus der Verbindung der heute mehr oder weniger stark isolierten Reststücke rekonstruierte Saum senkt sich leicht nach außen und hat im Westen vom Zentralen Bergland eine Breite von 5 km, im Norden 8—10 km, im Osten 12 km, im Süden 10 km. Es deckt sich im Westen im wesentlichen mit *A. Thurners* (1930) Firnfeldniveau, ist im Norden auch durch *J. Sölch* (1928) festgestellt und hat im Norden und Osten ebenso wie auch die tieferen Niveaus durch den Verfasser (*Spreitzer*, 1951) eine eingehendere Darstellung und Kartierung gefunden. Von diesem System greifen aber auch breite Talböden in das Höhengebiet des Zentralen Berglandes zurück. Es ist eine echte Piedmontfläche, gebildet in einer Ruheperiode nach einem Ausgreifen der Wölbung vom Zentralen Bergland aus über diesen Saum hinweg.

Rund 100 m niedriger folgt eine neue Region: Das C-System mit Gipfeln und Flächen von 2100 bis 2200 m: im Westen 2—5 km breit (hier *A. Thurners*, 1930, Karniveau), ebenso breit im Norden, 6 km im Osten, 2 km an der Südseite. Der steilere Abstieg vom B-System herab, das Zurückgreifen alter Talungen des C-Systems in das höhere Gebiet erweisen auch dieses als Piedmontfläche.

Gleiches gilt von dem D-System (1900-1800 m), das im Westen nur in kleinen, auch von *A. Thurner* (1930) beobachteten Resten erhalten ist,

im Norden 2—4 km Breite erreicht, im Osten und Süden aber besondere Ausdehnung gewinnt (15 bzw. 10 km). Noch ein fünftes Niveau (1800 bis 1700 m, E-System) ist dem gleichen Gesetz der Anordnung und Ausbildung unterordnet, wenn auch im ganzen am schmalsten entwickelt.

Diese vier um ein Zentrales Bergland angeordneten Gipfel- und Flächensysteme bilden im ganzen eine Piedmonttreppe. Immer weiter hatte die Wölbung ausgegriffen, und jeweils in Ruheperioden waren die einzelnen Flächen mit den von ihnen aus in das höhere Gelände zurückgreifenden alten Talböden ausgeräumt worden. Die Flächensysteme sind also erosiv angelegt, und die jeweils tieferen sind auch die jüngeren.

Nur gegen Südosten hin, über das Bergland an der mittleren Gurk und an der Wimitz, schreitet auch nach dem E-System die Aufwölbung noch mit wachsender Phase weiter und engt den zuvor noch größeren Raum des Klagenfurter Beckens ein. In dem Hauptteil der Gurktaler Alpen: im ganzen Bereich der hohen Gurktaler Alpen westlich der Linie Feldkirchen-Murau und im steirisch-kärtnerischen Grenzkamm zwischen Mur und Metnitz ändert sich nach Ausbildung des E-Systems der Charakter des endogenen Vorganges und nimmt nunmehr, abgesehen von einigen zonal erstreckten Einmuldungen (an der Mur, im Neumarkter Sattel), die Form einer blockförmigen Hebung an. Auch diese wird von Ruheperioden unterbrochen, in denen neue Niveaus ausgebildet werden. Aber diese sind nicht mehr Piedmontflächen, sondern nur noch alte, seither außer Aktion gesetzte Talböden, die hier nicht weiter betrachtet werden.

Die Höhenlandschaft der Gurktaler Alpen mit ihren Systemen von A bis E, von 2300—2400 m bis 1700—1800 m, aber kann nur als Piedmonttreppe, entstanden in Ruheperioden einer mit wachsender Phase ausgreifenden Wölbung, gedeutet werden. Dementsprechend zeigen alle einzelnen Flächensysteme derselben eine Neigung nach auswärts. Von den flächenmäßig ausgeräumten Randzonen, den eigentlichen Piedmontflächen, griff die Erosion in die alten Talböden zurück. Die genaue Konstruktion der so entstandenen Gefällskurven an der Südabdachung der hohen Gurktaler Alpen ergibt folgendes Verhalten:

B-System: Gefälle auf 20 km (Piedmontfläche und dazugehörige Talbodenreste im höheren Gelände):

$$147 \text{ m} = 7,3 \text{ ‰}$$

C-System: auf 25 km: 143 m = 5,7 ‰

D-System: „ 30 km: 116 m = 3,9 ‰

E-System: „ 32 km: 118 m = 3,7 ‰

Auch heutigen Vorgängen der Flächenbildung im wechselfeuchten, warmen Klima entspricht ein

Gefälle von rund 3 ‰ Neigung. Ein solches hat z. B. *N. Krebs* (1935; 1942: 2 bis 4 ‰) in Vorderindien gefunden. Die Neigung des E-Systems kann also wohl noch als die ursprüngliche aufgefaßt werden. Wie erwähnt, hat seither im ganzen ja auch nur noch eine blockförmige Höherhaltung des Gebietes der hohen Gurktaler Alpen, aber nicht mehr eine Verbiegung stattgefunden. Dagegen zeigt sich die Auswirkung der vom Zentralen Bergland ausgehenden älteren Aufwölbung auch in den Gefällsverhältnissen der einzelnen Systeme D, C, B: Je früher diese Flächen angelegt wurden, um so stärker sind sie verbogen, so daß sich eine gesetzmäßige Reihe abnehmenden Gefälles ergibt, eine weitere Bestätigung für die Deutung der Höhenlandschaft der Gurktaler Alpen als Piedmonttreppe.

Da die jeweils tieferen dieser Gipfel- und Flächensysteme auch jeweils die jüngeren sind, scheidet *A. Aigners* Annahme einer tektonischen Zerstückelung in Schollen verschiedener Höhenlage — bei denen ein tieferes System gleich alt, ja älter als ein orographisch höheres sein kann — aus.

Aber für die ältere Entwicklung der Landschaft bis zur Ausbildung des E-Systems trifft auch die Vorstellung einer einfach blockförmigen Hebung des Gebietes nicht zu, wie sie zuerst *K. Oestreich* vertreten hatte und zu der andere neigten. Sie würde bedeuten, daß einerseits sehr weite Flächen ausgeräumt, andererseits daneben ausgesprochene Höhenlandschaften ohne ersichtlichen Grund vor der Abtragung bewahrt blieben.

Nur die Erkenntnis, daß hier eine großräumige vom Zentralen Bergland ausgehende Wölbung mit wachsender Phase, unterbrochen durch Ruheperioden im Aufsteigen des Gebietes, die endogene Grundlage bot und daß dabei in den jeweiligen Ruheperioden des Wölbungsvorgangs die exogenen Kräfte die großen Ausraumflächen mit den von ihnen in das höhere Gelände zurückgreifenden alten Talböden geschaffen haben, wird dem Formenschatz in der Natur gerecht: die Gurktaler Alpen stellen in der Großformung ihrer Höhenlandschaften von 1800 — 1900 m an aufwärts eine Piedmonttreppe des zweiten und wichtigeren Typs unserer Einteilung dar.

Bei der Bedeutung, die für die Beurteilung der Großformung und deren Morphogenese der Größenordnung des jeweiligen Ausraums allgemein zukommt, seien nun die wegen ihrer guten Eignung zur Erkenntnis dieser Fragen eingehender dargestellten hohen Gurktaler Alpen als Beispiel ausgewertet, um an ihnen eine Gegenüberstellung zu bieten. Es soll die Größenordnung des Ausraums betrachtet werden, wie sie, erstens, bei der hypothetischen Annahme einer blockfö-

migen Hebung in jeder einzelnen Ruhezeit derselben hätte eintreten müssen, und ihr, zweitens, die Größenordnung des jeweiligen Ausraums bei der Bildung einer Piedmonttreppe an einem Gewölbe mit wachsender Phase gegenübergestellt werden. Die Hauptfrage unserer Ausführungen rückt damit wieder in den Vordergrund.

An der Südabdachung der hohen Gurktaler Alpen sei die Verschiedenheit der beiden Auffassungen dargelegt. Die beiden Profile, an denen sie gezeigt wird (Abb. 4 und 5), gründen sich auf die exakte Konstruktion eines großen Profils, das als Beigabe zu einer besonderen Darstellung des Verfassers über die Morphogenese der Gurktaler Alpen gegenwärtig vom Naturwissenschaftlichen Verein für Kärnten in der Carinthia II, 1951, gedruckt wird. In dem Profil der beiden Abbildungen sind die Verebnungssysteme der Westhänge des oberen Gurktales, beider Hänge des Gegendtales und endlich auch der Südwestabdachung des Mirnockzuges ineinander konstruiert. Die Niveaugliederung gewinnt dadurch an Verlässlichkeit; es ergibt sich daraus aber auch eine unvermeidliche Streckung zweier Abschnitte: zwischen Moschlitzen und Wöllaner Nock und, stärker störend, zwischen Wöllaner Nock und Gerlitzten. Die in der Abbildung 5 bei III entgegentretende Knickung der ursprünglichen Aufwölbungsfläche ist zum Teil auf diese Art der Konstruktion zurückzuführen und würde bei strenger Beziehung auf eine vollkommen gerade Achse viel abgeschwächer in Erscheinung treten. Überdies ist das große Maß der Überhöhung (7¹/₂ fach) zu beachten.

In dem Profil der Abb. 4 wird angenommen, daß der große, in Wirklichkeit erst später wirksame Bruch am Südrand der Gerlitzten sich nach oben fortsetzte und daß an ihm auch das Höhengebiet der Gurktaler Alpen bereits blockförmig emporgestiegen sei. Durch einzelne Ruheperioden (I — IV) sei die Hebung jeweils unterbrochen worden und in jeder derselben habe ein Ausraum stattgefunden. Die so geschaffenen Flächen hätten dann ebenfalls als Erosionsbasen für das aufsteigende Hinterland gedient. Bei einer solchen Voraussetzung würde nun in der ersten Ruheperiode der ganze große Raum oberhalb der von I ausgehenden Linie, von dem Bruch im Süden weit zurück bis zum Anstieg zum obersten System ausgeräumt worden sein. Viel geringer schon wäre das Größenmaß der Ausräumung in der zweiten Ruheperiode, oberhalb der von II ausgehenden Linie, gewesen, noch kleiner das der dritten und am kleinsten das der vierten Ruheperiode. Und doch hielt sich das Höhenmaß der Erhebung zwischen den einzelnen Hebungphasen annähernd in den gleichen Größenwerten und aus den zurückgreifenden Talbodenresten ist nur zu erken-

nen, daß jede Ruheperiode lange Zeit gewährt hat, aber keineswegs, daß etwa die jüngeren jeweils kürzer gewesen seien. Im Gegenteil scheinen die von der zweiten und besonders von der dritten Ruheperiode ausgehenden Talbodenreste dafür zu sprechen, daß diese Hebungsunterbrechungen sogar länger gedauert haben als die Zeit der ersten tektonischen Ruhe; und doch wäre der in ihnen gebildete Ausraum ungleich kleiner. Die-

jeder der Ruheperioden ist nunmehr wesentlich geringer und hält sich an ein mögliches Maß. Der Vorzug der durch diese Abbildung vertretenen Auffassung gegenüber der in der Abb. 4 wird besonders bei Betrachtung des Ausraums während der ersten Ruhezeit der Aufwölbung auffällig. Die größeren Unterschiede im Ausraum zwischen I. und II. Halt, dann wieder zwischen III. und IV. Halt der Wölbung sind zum Teil durch die

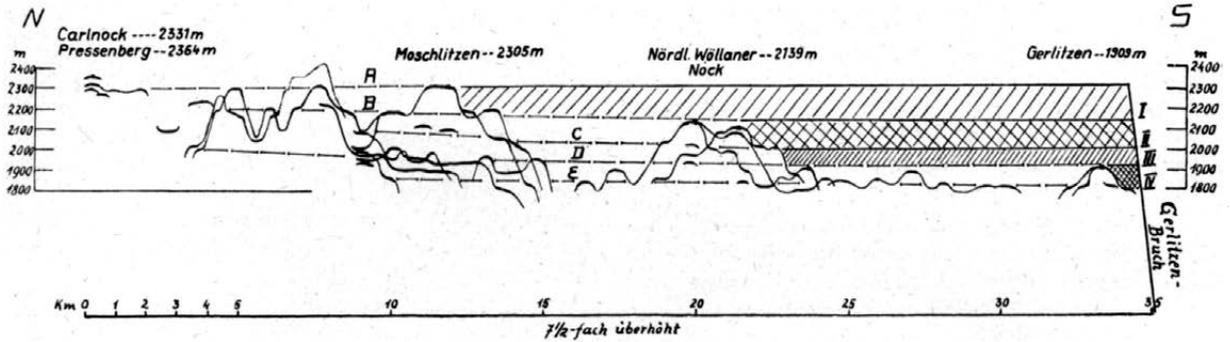


Abb. 4: Die Höhenlandschaft der hohen Gorktaler Alpen (Südabdachung).

Größe des Ausraums unter der Annahme einer blockförmigen Heraushebung an einer hypothetisch nach oben fortgesetzten Bruchlinie.

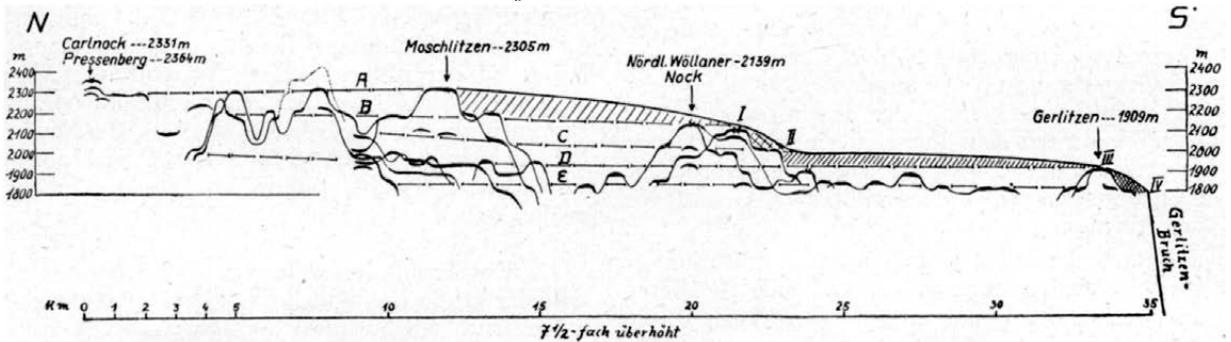


Abb. 5: Die Höhenlandschaft der hohen Gorktaler Alpen (Südabdachung).

Größe des Ausraumes unter der Annahme eines Gewölbes mit wachsender Phase (typische Piedmonttreppenbildung).

ses Mißverhältnis zwingt zur Ablehnung einer blockförmigen Hebung in der älteren Entwicklungsgeschichte der Gorktaler Alpen. Wie anders ist aber auch das Bild jener Ausräumungsflächen, die erwiesenermaßen sich an Gebieten blockförmiger Erhebung gebildet haben und die im ersten Abschnitt dieser Schrift zur Darstellung gelangten (vgl. oben)!

Dieser Auffassung sei nun im Profil der Abb. 5 das Bild der durch Wölbung mit wachsender Phase gebildeten Piedmonttreppe gegenübergestellt. Auch hier sei der Ausraum in den einzelnen Ruheperioden I—IV erfolgt, und jede derselben habe die gleichen Fußflächen und von ihnen ausgehend die gleichen alten Talbodensysteme geschaffen. Aber erst allmählich ist der Raum in die immer weiter ausgreifende Wölbung einbezogen worden. Die Größenordnung des randlichen Ausraums in

Konstruktion des Profils bedingt (vgl. oben), sie sind aber auch auf eine gewisse, von Anfang an bestehende Ungleichmäßigkeit in der Art des Ausgreifens der Wölbung und schließlich in bescheidenem Maße wohl auch auf die ungleich starke Rückverlegung der steileren Gehängestrecken zwischen den einzelnen Piedmontflächen durch das „proximale Wachstum“ bedingt. Diese in der Natur bestehenden Abweichungen von dem schematischen Bild der Wölbung mit wachsender Phase wurden in dem Profil nicht ausgeglichen.

Neben den Unterschieden im Größenmaß der randlichen Ausräumung zeigt das Profil besonders gut die Ineinanderschaltung der Niveausysteme A bis D und damit ihre gegenseitige Altersstellung. Darin aber, daß sich hier wie in den vielen anderen Gebieten typischer Piedmonttreppen erst

durch die Annahme von Wölbungen mit wachsender Phase ein mögliches Größenmaß des jeweiligen Ausraums ergibt, ist der größte und dauernde Vorzug der Lehren von den Piedmonttreppen zu erblicken.

Im Grunde dasselbe Bild wie die Gurktaler Alpen weisen nicht allein die weiter ostwärts folgenden Gruppen der Zentralalpen, sondern auch die durch größere Reliefenergie aufgezeichneten westlichen auf. Namentlich zeigen es die verhältnismäßig isolierten südlichen Vorlagen der Hohen Tauern: Riesenerfernergruppe, Lasörlinggruppe, Defreggengebirge, Schober-, Sadnig-, Kreutzbeck-, Reißeckgruppe.

Aber selbst auf den Hauptzug der Zentralalpen: Hohe Tauern und Zillertaler Alpen und noch westlicher auf die Ötztaler Alpen, muß die Annahme von Wölbungen mit wachsender Phase angewendet werden. Dieser Hauptzug der Ostalpen zeigt trotz der teilweise gegebenen Trennung in einzelne Gruppen durch quer zum Gesamtverlauf ziehende Einwalmungen (so durch die Brennersenke) im ganzen den Charakter einer Großfalte. Diese ist indes in der Art einer langgestreckten Piedmontterrasse mit wachsender Phase aufgewölbt worden. Dabei sind am Zug der Hohen Tauern die sich daraus ergebenden Züge der Landformung an der Nordabdachung klarer zu erkennen als an der südlichen, wo sich die erwähnten Vorlagen zwischen Großfalte und südliche Längstalfucht schalten.

Die nördliche Längstalfucht vor den Hohen Tauern ist gleich den übrigen Teilen derselben und gleich der südlichen Längstalfucht dadurch gekennzeichnet, daß hier nicht allein die durchgehende, stellenweise verdoppelte Folge von Längstälern verläuft, sondern daß auch die Höhenregionen dieser Zone eine auffällige Erniedrigung gegenüber der Großfalte der Nördlichen Kalkalpen auf der einen und der der Zentralalpen auf der anderen Seite zeigen. Von der tiefer gelegenen Höhenregion der Längstalfucht — hier in den Kitzbühler und Dientener Bergen vertreten — führt ein Stockwerkbau von höheren Flächen bis zur höchsten Erhebungszone der Hohen Tauern empor. Wenigstens vier Systeme lassen sich vom obersten bis zum niedrigsten auseinanderhalten, jeweils in einem recht großen, der starken Wölbungsintensität entsprechenden Höhenabstand von mehreren hundert Metern voneinander. Dieser Stockwerkbau tritt aber nicht in der Form verebneter Rücken entgegen, sondern als Gipfflurtreppe. Aber auch hier greifen die tieferen Fluren in Ausbuchtungen und alten Talbodenresten in das höhere Gelände zurück. Die Hohen Tauern sind als eine Großfalte mit wachsender Phase emporgewölbt

worden. In den Ruheperioden sind Ausräumungsflächen entstanden, die durch die kräftige Zergliederung des Hochgebirges seither zu Gipffluren umgestaltet wurden und in ihrer Gesamtheit eine Gipfflurtreppe bilden. Wieder läßt sich auch hier eine annähernd gleichmäßige Größe der Ausräumung in den einzelnen Ruheperioden der langgestreckten Aufwölbung erkennen und als Zeichen der Richtigkeit dieser Annahme deuten.

Auch das Wesen der Großfalte der Zentralalpen wird damit besser erkannt. Deren Gipfflur stellt nicht ein durch wachsende Zerstörung in den obersten Regionen und Hangverschneidung an den Firsten geschaffenes oberes Denudationsniveau im Sinne von A. Penck (1919) dar; es liegt vielmehr eine Gipfflurtreppe vor, hervorgegangen aus der kräftigen Zerstörung stockwerkartig übereinander angeordneter Flächensysteme, die in tiefer Lage — im unteren Denudationsniveau — gebildet waren und durch den Großfaltwurf mit wachsender Phase und noch später durch einfache Hebung in die heutige Höhenlage kamen. In dieser sind sie nun kräftiger Zerstörung ausgesetzt. Gleichwohl ist ihre stockwerkartige Anordnung immer wieder von den verschiedensten Blickpunkten aus zu erkennen.

Nicht allein die Großfalte der Zentralalpen, auch die der Nördlichen Kalkalpen läßt ein Ausgreifen der in der W—O-Richtung langgestreckten Wölbung mit wachsender Phase in die Breite erkennen. Dementsprechend wurde die Längstalfucht zwischen beiden Großfaltenden immer mehr verengt. Sie war ursprünglich eine sehr breite, nur schwach im Norden und Süden überhöhte Erniedrigungszone, eine breite Großmulde, die dann immer mehr zusammengepreßt und immer stärker in ihrer Längsrichtung eingemuldet wurde, bis schließlich sowohl im Bereich der Großfaltenden wie in dem der Großmulde gemeinsam einfach eine blockförmige Höferschaltung des starrer gewordenen Alpengebietes eintrat, die das ganze Gebiet — wieder durch eine Reihe von Ruheperioden unterbrochen — in die heutige Höhenlage brachte. Diese Vorstellung zunehmender Verengung der großen Muldenzonen, ausgreifender Wölbung der sie begleitenden Höhenregionen läßt sich auch auf andere Teile der Längstalfuchten, namentlich auf die große Norische Senke, anwenden. Ja, in dieser tritt sie mit besonderer Deutlichkeit entgegen.

Auch die mit Recht als starrer angesehenen Gruppen der Kalkhochalpen waren doch in ihrer älteren Entwicklung von Aufwölbungen mit wachsender Phase ergriffen. Im Hochschwab ist die seit langem erkannte Niveaugliederung des Hochschwabgebietes durch J. Sölch (1928) im wesentlichen durch Ruheperioden einer blockförmigen Hebung, wenn auch mit der Annahme gewisser

Verbiegungen zwischen seinem zweiten und dritten Niveau gedeutet worden. Dieser Annahme stellen sich die schon erörterten Schwierigkeiten entgegen. Einerseits mußte in den älteren Ruhezeiten ein überaus großer Ausraum erfolgen, der nur wenige Reststücke des höchsten Gebietes verschonte, während andererseits der Ausraum in den jüngeren Ruhezeiten unvergleichlich kleiner war. *E. Spengler* (1926/27) wiederum hat eine tektonische Verbiegung einer ursprünglich einheitlichen und gleich alten Rumpffläche vertreten.

Nun zeigt sich, daß auch im Hochschwab von jedem System aus Eintiefungsfolgen in das höhere Bergland zurückschritten, daß also jedes längere Zeit als Fußfläche und Erosionsbasis für das dahinter ansteigende Gelände gedient hat. Das läßt sich mit *Spenglers* Deutung nicht erklären, und andererseits spricht — wie erwähnt — die so verschiedene Größenordnung des Ausraums der einzelnen Ruheperioden gegen eine bloß blockförmige Erhebung in der älteren, die Höhenregionen bestimmenden Entwicklung. Diese Schwierigkeiten lösen sich, wenn wir auch den Hochschwab als west-östlich in die Länge gestrecktes Gewölbe mit wachsender Phase, als eine alte Piedmonttreppe, deuten.

Was für einzelne Alpengruppen so verschiedener Art zu zeigen versucht wurde, gilt erst recht in vollem Maße von jenen Gebirgen, die den Typ der Piedmonttreppe in vollkommenster Form vertreten, von den herausgewölbten alten Rumpfschollen der deutschen Mittelgebirge. Die große Breite der Erstreckung der einzelnen Flächensysteme, die zentrumsnahe Lage der obersten, die weite Entfernung der tiefsten von ihnen vom Zentrum aus, ihre bald mehr kreisförmige, bald in die Länge gestreckte zonale Anordnung, alles dies wird durch die Annahme einer Wölbung mit wachsender Phase erklärt. Nur ein solcher Vorgang führt dazu, daß die jeweilige Größenordnung des Ausraums in den einzelnen Ruheperioden ein glaubwürdiges und mögliches Ausmaß erreicht, während — wie sich z. B. aus der Gegenüberstellung der Profile 4 und 5 ergibt — die Annahme einer von Ruheperioden unterbrochenen blockförmigen Erhebung zu Unterschieden in der Größe des jeweiligen Abtrags führen müßte, für die es schlechthin keine Erklärung gibt. Wir dürfen umgekehrt sagen, daß bei blockförmiger Erhebung eines Gebirges an einer Bruchlinie oder schmalen Flexur nur schmale Gesimse und allenfalls dreieckartige bis trompetenförmige Erweiterungen an den Mündungen wichtigerer Flüsse ausgeräumt werden. Der oben hervorgekehrte Unterschied zwischen den beiden Arten von Piedmonttreppen ist demnach von wesentlicher Bedeutung.

Wenn hier aber solches Gewicht auf die leicht verständliche und im Grundsatz eigentlich nie bestrittene Annahme der Wölbung mit wachsender Phase gelegt wird, so deshalb, weil in den Untersuchungen der regionalen Geomorphologie diese Grundlagen auch heute oft vernachlässigt werden. Eine Vielzahl von Systemen wird erkannt, verfolgt und gelegentlich auch kartiert, und ihre Bildung schlechthin auf Ruhezeiten in der Hebung des ganzen Gebietes zurückgeführt, als ob die Annahme einer blockförmigen Hebung die einfachste und natürlichste Vorstellung vermittelte! Häufiger noch und darum gefährlicher ist die Übernahme solcher Anschauungen aus früheren Arbeiten. Noch immer liegt einzelnen regionalen Untersuchungen über Rumpftreppen und Niveaugliederungen sowie auch aus solchen abgeleiteten Darstellungen auch dort die Vorstellung einfacher blockförmiger Hebung zugrunde, wo eine solche ausgeschlossen ist. Abgesehen von der hier aus dem Größenmaß der dann sich ergebenden Abtragungsräume abgeleiteten Unmöglichkeit solcher genereller Deutung, ergibt ja auch die Überlegung über die Art der Erhebungsvorgänge deren Unwahrscheinlichkeit. Wenn Räume von vielen 100, ja 1000 qkm und selbst 10 000 qkm Flächengröße höher geschaltet werden, ist eine bloße parallele Höferschaltung (blockförmige Hebung) weniger wahrscheinlich als die Verbiegung und Wölbung. Und die Untersuchung des Formenschatzes vieler Gebiete hat ergeben, daß zum großen Teil Wölbungen mit wachsender Phase die Formengebung bestimmen.

Für die Erkenntnis der Großformung der an ihnen ausgearbeiteten Piedmonttreppen aber ist die Berücksichtigung des möglichen Größenmaßes des Ausraums ein entscheidendes Forschungsmittel. Aus der Gegenüberstellung der beiden verschiedenen Arten von Piedmonttreppen sollte dies hier dargetan werden.

Literatur

1. *Aigner, A.*, Geomorphologische Beobachtungen in den Gurktaler Alpen. — Sitz.-Ber. d. Ak. Wiss. Wien, Math.-nat. Kl. Abt. I, 131. Bd., Jg. 1922.
2. *Aigner, A.*, Über Talbildung am Südrande der Niederen Tauern. — Sitz.-Ber. d. Ak. Wiss. Wien, Math.-nat. Kl. Abt. I, 134. Bd., 1 u. 2. H. 1925.
3. *Böhm, A. v.*, Eintheilung der Ostalpen. — Penck's Geogr. Abh., Bd. I, H. 3. 1887.
4. *Hövermann, J.*, Morphologische Untersuchungen im Mittelharz. — Göttinger Geogr. Abh., H. 2. 1949.
5. *Jessen, O.*, Reisen und Forschungen in Angola. Berlin 1936.
6. *Krebs, N.*, Morphologische Beobachtungen in Südindien. — Sitz.-Ber. d. Preuß. Ak. d. Wiss., Math.-naturw. Kl., XXIII. Berlin 1933.
7. *Krebs, N.*, Über Wesen und Verbreitung der tropischen Inselberge. — Abh. d. Preuß. Ak. d. Wiss. 1942, Math.-naturw. Kl., Nr. 6. Berlin 1942.

8. *Louis, H.*, Probleme der Rumpfflächen und Rumpftreppen. — Verh. u. wiss. Abh. d. 25. D. Geographentages z. Bad Nauheim 1934. Breslau 1935.
9. *Machatschek, F.*, Morphologie der Südabdachung des böhmischen Erzgebirges. — Mitt. d. Geogr. Ges. Wien, 60. 1917.
10. *Machatschek, F.*, Landeskunde der Sudeten- und West-Karpathenländer. Stuttgart 1927.
11. *Machatschek, F.*, Das Relief der Erde. I. Bd., Berlin 1938; II. Bd. Berlin 1940.
12. *Oestreich, K.*, Ein alpines Längstal zur Tertiärzeit. — Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanstalt, XLIX. 1899.
13. *Paschinger, H.*, Geomorphologische Studien in Mittelkärnten. — Carinthia II, 45. Bd. 1935.
14. *Pencke, A.*, Die Gipfflur der Alpen. — Sitz.-Ber. d. Preuß. Ak. d. Wiss., Phys.-math. Kl., Bd. 17. Berlin 1919.
15. *Pencke, W.*, Die morphologische Analyse. — Geogr. Abh., II. R., H. 2. Stuttgart 1924.
16. *Pencke, W.*, Die Piedmontflächen des südlichen Schwarzwaldes. — Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde z. Berlin. 1925.
17. *Sölch, J.*, Die Landformung der Steiermark. Graz 1928.
18. *Spengler, E.*, Die tertiären und quartären Ablagerungen des Hochschwabgebietes und deren Beziehungen zur Morphologie. — Zeitschr. f. Geomorphologie, II. 1926—27.
19. *Spreitzer, H.*, Die Talgeschichte und Oberflächengestaltung im Flußgebiet der Innerste. — Jahrb. d. Geogr. Ges. z. Hannover. 1931.
20. *Spreitzer, H.*, Zum Problem der Piedmonttreppe. — Mitt. d. Geogr. Ges. Wien, 75. 1932.
21. *Spreitzer, H.*, Zur Frage der Harzhebung. — 88./89. Jahresber. d. naturhist. Ges. z. Hannover f. d. Jahre 1936/38.
22. *Spreitzer, H.*, La Question de l'Escalier de Piedmont. — Comptes Rendus du Congrès International de Géographie Amsterdam 1938, T. II. Conclusions. Ebd. T. I.
23. *Spreitzer, H.*, Die Großformung im oberen steirischen Murgebiet. — Geogr. Studien. Festschr. J. Sölk. Wien 1951.
24. *Thurner, A.*, Morphologie der Berge um Innerkrams, (Gurktaler Alpen, Kärnten). — Mitt. d. Geogr. Ges. Wien, 73. 1930.
25. *Wurm, A.*, Morphologische Analyse und Experiment. Hangentwicklung, Einebnung, Piedmonttreppen. — Zeitschr. f. Geomorphologie, IX. 1935/36.

BERICHTE UND KLEINE MITTEILUNGEN

DIE SÜDGRENZE DES „TUCUMANISCH-BOLIVIANISCHEN WALDGEBIETES“ IN NORTHWEST-ARGENTINIEN

K. Hueck

Mit 7 Abbildungen

1. Die drei argentinischen Feuchtwaldgebiete

Eine Karte der Waldverteilung in Argentinien läßt — abgesehen von weit verbreiteten Trockenwäldern und wirtschaftlich zum größten Teil wertlosem Trockengebüsch — drei Regionen mit ausgedehnten Feuchtwäldern unterscheiden. Es sind dies:

1. das subtropische, in seinen nördlichen Teilen fast tropische tucumanisch-bolivianische Waldgebiet im Nordwesten des Landes. Es hat seinen unmittelbaren Anschluß an die Regenwälder von Bolivien und zieht sich hier an den Hängen der Präkordillere weit nach Norden,
2. das ebenfalls subtropisch-tropische Regenwaldgebiet von Misiones im Nordosten, das weit nach Brasilien hinübergreift, und
3. das gemäßigtere, „subantarktische“ südandine Regenwaldgebiet in Patagonien.

Obleich die beiden Gebiete 1 und 2 einige Holzarten miteinander gemeinsam haben, stellen doch diese drei Waldregionen ökologisch sehr unterschiedliche Einheiten dar, die von der in der Entwicklung begriffenen argentinischen Forstwirtschaft auch praktisch als drei grundverschiedene Waldbaugebiete angesehen werden müssen. Besonders das südandine Regenwaldgebiet hat einen stark ausgeprägten eigenen Charakter. Er beruht darauf, daß sein Artengehalt es in nähere Beziehung bringt zu so weit entfernten Gegenden der Erde wie beispielsweise Neuseeland oder Tasmanien als zu den beiden nordargentinischen Waldregionen, von denen es durch eine Zone sehr starker Trockenheit getrennt ist (Abb. 1).

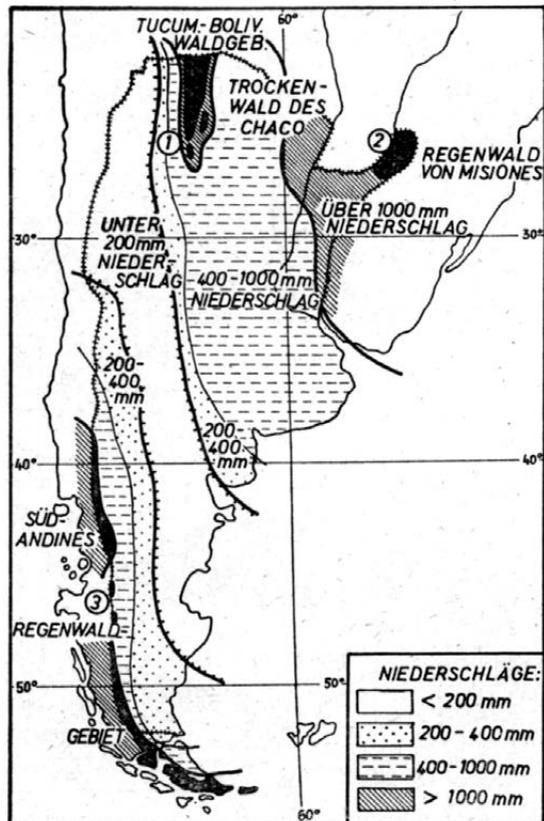


Abb. 1: Waldregionen und Niederschlagshöhe in Argentinien (schematisch).

Schwarz = Feuchtwaldgebiete. 1. Tucumanisch-bolivianisches Waldgebiet, Niederschläge etwa 1000 bis 2000 mm, 3. Gebiet des wärmegemäßigten südandinen Regenwaldes, Niederschläge bis 5000 mm.