

TALTREPPE.

EINE GEOLOGISCH-GEOGRAPHISCHE DARSTELLUNG

MIT 1 KARTE UND 3 LANDSCHAFTSBILDERN.

VON

V. HILBER

PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT IN GRAZ.



GRAZ 1912.

SELBSTVERLAG. — DEUTSCHE VEREINS-DRUCKEREI GRAZ.



TALTREPPE.

EINE GEOLOGISCH-GEOGRAPHISCHE DARSTELLUNG

MIT 1 KARTE UND 3 LANDSCHAFTSBILDERN.

VON

V. HILBER

PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT IN GRAZ.



GRAZ 1912.

SELBSTVERLAG. — DEUTSCHE VEREINS-DRUCKEREI GRAZ.

I. Namengebung.

„Taltreppe“ bezeichne den Inbegriff der Stufen eines Tales. Es gibt Querstufen und Längsstufen.¹

Die ersten, zumeist aus Fels, seltener aus Schutt bestehend, treten nicht in der gleichen Regelmäßigkeit auf, wie die Längsstufen. Aus diesen setzt sich die Taltreppe vorwiegend zusammen. Im folgenden ist hauptsächlich von den das Tal seitlich begrenzenden Stufen die Rede. Die Stufe ist das körperliche Element, aus dem die Treppe aufgebaut ist. Der freie Abfall der Stufe heiße „Hang“,² ihre Oberfläche „Flur“,³ die

¹ Heim, Bodmer und die meisten Forscher nennen die ersten Talstufen, die letzten Terrassen. Diese werden zuweilen auch Gehängsstufen genannt.

² In Schweizer Ortsnamen „Rein“ und „Halde“ (nach Aepli).

³ „Floor“ der Amerikaner, sinnverwandt unserem deutschen gleichlautenden Wort; der deutsche Ausdruck ist schon von Richter (Geomorph. Untersuchungen in den Hochalpen, 1900) angewendet worden: „Fluren des alten Talbodens tragen Ortschaften“. Auch Davis hat ihn kürzlich in gleicher Weise verdeutscht. Den Ausdruck „Feld“ hat Du Pasquier (Über die fluvioglazialen Ablagerungen der Nordschweiz, Beiträge z. geol. Karte der Schweiz N. F., 1. Lief., Bern 1891, S. 1) ebenfalls für Stufenoberflächen gebraucht: „weite Ebenen, die sich als Grenzen von den Gewässern verlassener Talböden dokumentieren, wie das Birrfeld oder das Ratzerfeld“. Was Penck mit dem Ausdruck Feld gemeint hat, wird aus seinen Worten nicht klar. Er sagt (Alpen im Eiszeitalter) S. 17: „als weite Flächen, von der Bevölkerung in der Schweiz und in den Ostalpen Felder genannt, ziehen sie (die fluvioglazialen Schotter) sich talabwärts“. Hier sind Körper (der Schotter) als Flächen bezeichnet, was als Lapsus hingehen könnte. Die im folgenden angeführten Sätze lassen aber alle nur die Deutung zu, daß Penck die Schotterkörper Felder genannt hat. S. 18: „Teilfelder und Moränenwälle bilden einen zusammengehörigen Komplex“; S. 19: „ineinander geschachtelte Teilfelder“; S. 27: „breite Flachtäler, die Riedel (Penck nennt so die zwischen zwei sich vereinigen Tälern befindlichen zungenförmigen Höhen) zwischen ihnen, welche sichtlich aus dem großen Felde herausgeschnitten sind“; S. 28: „die nächste Stufe liegt 60 m höher, sie heiße Grönbacherfeld“; S. 30: „jedes dieser Felder wird von Schotter zusammengesetzt“; S. 47: „Schotterfelder als Äquivalente von Moränen“; S. 55: „das Augsburgerfeld verknüpft sich mit Moränen“; S. 652: „die Oberfläche des Feldes“. Alle diese Stellen geben nur einen Sinn, wenn man die Felder als Schotterkörper betrachtet, was historisch und sprachlich ungerechtfertigt ist.

Du Pasquier hat den Ausdruck „Feld“ 10 Jahre vor Penck angewendet und damit Flächen gemeint, wie es dem Sprachgebrauche entspricht. Baltzer (Der

an die Talwand angelehnte (verdeckte) Grenzfläche „Lehne“, die untere Fläche „Grundfläche“. Die Grenzlinie zwischen Hang und Flur heiße „Außenkante“, die zwischen Lehne und Flur „Innenkante“. Auch auf die Querstufen ist die Terminologie anwendbar.

Zur Treppe gehören verschiedene Arten von Stufen: „Baustufen“ (bisher „Akkumulations-“ oder „Schotterstufen“ auch „Dammstufen“ genannt) und Grundstufen (bisher „Erosions-“ oder „Felsstufen“¹).

Die „Verwitterungsstufen“, ihrem Wesen nach eine Unterabteilung der Grundstufen bildend, gehören, da sie nicht in enger Beziehung zur Talbildung stehen, nicht zur Taltreppe.

An manchen Stufen sind Aufragungen des Grundes von jüngeren Flußabsätzen seitlich eingehüllt, sie mögen „Nebenbaustufen“ heißen. In diese Gruppe gehört die südliche Innalterrassen.²

Noch eine andere Art bilden die in der Art zusammengesetzten Stufen, daß der untere Teil aus vordiluvialen Bildungen, der obere aus diluvialen Anschwemmungen besteht.³

Ich nenne sie „Überbaustufe“. Eine dritte Mischstufe wäre die „Neben- und Überbaustufe“.

Entsprechend der gewählten Namengebung setze ich an Stelle des Penck'schen Ausdrucks „Teilfeld“: „Teilstufe“.

diluviale Aargletscher, ebenda, 30. Lief., 1896) nennt wohl auch die Stufenoberfläche „Feld“ („ausgedehnte flache Kiesebenen“, im Volksmunde Felder genannt), bildet aber doch auf Taf. VII den Querschnitt einer Stufe als „Abschnitt eines Feldes“ ab.

¹ „Erosionsstufen“, „Akkumulationsstufen“ sind keine gut bezeichnenden Ausdrücke. Sie können nicht gebraucht werden mit Bezug auf die Bildung des Hanges, womit erst die Stufe vollendet ist, da die Hangbildung in beiden Fällen durch Erosion vor sich geht, was schon Böhm v. Böhmersheim hervorgehoben. Die von dem Genannten vorgezogenen Bezeichnungen „Schotterstufe“ und „Felsstufe“ sind auch nicht einwandfrei, weil der Begriff Schotter nicht alle Flußablagerungen faßt und es andererseits auch diluviale Grundstufen in prädiluvialen Schotter gibt (Aual, Graz SO, nordöstlich vom Winterhof und an einem Wege vom Wirtshaus „Zur Linde“ in Pachern bei Aual nach Petersbergen: nachtertiäre Stufenbildung in tertiärem Flußschotter). Endlich sind die miozänen Mergel der Stufen um Memmingen auch nicht in höherem Grade Fels, als die ihnen aufgelagerten, zudem hier zu Nagelfluh verkitteten Diluvialschotter. Da also das Wesen der Stufen, die Form, bei allen Arten durch Erosion erzeugt wird, ergibt sich die Unterscheidung aus der Art und Zeit der Flurbildung: bei den Baustufen durch Aufschüttung, bei den Grundstufen durch Erosion, bei den Baustufen gleichzeitig mit der Bildung des Körpers, bei den Grundstufen nach ihr.

² Ampferer, Studien über die Innalterrassen. Jahrb. d. geol. Reichsanstalt Wien 1904, 133.

³ Profile (Memmingen) in Penck und Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter, 1901, 31.

Eine Besonderheit, wenn auch nur in der heutigen Erscheinungsform, bilden die durch Erosion erzeugten Ruinen alter Stufen. In dem welligen Hügelland Steiermarks findet man häufig lange, fast wagrechte Kammteile, welche man oft auf den Nachbarhügeln in ungefähr gleicher Höhe ebenfalls gewahrt. Bei dieser Art Stufen steigt man nicht von der Flur der einen unmittelbar auf den Hang der folgenden, sondern muß zuerst über den Hang hinabsteigen, um den Hang der benachbarten Stufe oder des benachbarten Bruchstückes der gleichen Stufe zu erklimmen. Häufig, doch nicht immer, sind diese als Reste alter Talböden erkennbaren Flächen von tertiärem Schotter bedeckt. Vergleicht man die Karte, so sieht man, daß auch an diesen Stufen weit auseinander abstehende Niveaus zu erkennen sind. Jeden solchen Körper mit nahezu wagrechter Oberfläche, welcher einen Teil eines Rückens, oder einen Rücken für sich bildet, nenne ich „Schemel“, (Grund-, Bau-, Nebenbau-, Überbau-, Neben- und Überbau-Schemel). Das Profil eines solchen bietet die Figur 3, Penck, Alpen im Eiszeitalter, 31, während Figur 4 eine Taltreppe mit Baustufen und einer Mischstufe darstellt.

Der Schemel hat keine Lehne, sondern einen treppabwärts liegenden Außenhang und einen treppaufwärts liegenden Innenhang. Mitunter ist die Schemelflur niedriger als der Rücken, sodaß der Schemel deutlich als Talrudiment hervortritt, da die Talwände erhalten sind. Ich gebrauche hiefür den Ausdruck „eingesenkter Schemel“. Der Sattel zwischen Straßengel und Tal bei Graz ist ein eingesenkter Überbauschemel (Belvedere-schotter auf Devon); ein anderes Beispiel ist abgebildet.

Mitunter ist die Schemelflur bei geradem Verlaufe deutlich geneigt. Das braucht nicht von einer nachträglichen Bewegung herzurühren, sondern konnte dadurch entstehen, daß die Flur nicht senkrecht, sondern schief auf den zugehörigen alten Talboden verläuft.

II. Entstehungsart.

Die Baustufe entsteht durch Aufschüttung und nachherige Ausräumung in Einschnittform, die Grundstufe durch Bildung eines Talbodens und Einschneiden in ihn. Die Flur der Baustufe wird als unmittelbares Erzeugnis der Ablagerung betrachtet. Das nicht selten beträchtliche Ansteigen der Baufluren¹ in der Richtung gegen die Talwände würde eine besondere Erklärung erfordern. Du Pasquier hat

¹ Daß auch Grundfluren in der Querrichtung auf das Tal geneigt sind, ist S. 44 angegeben.

eine Ursache hievon angegeben. Nach ihm (l. c. p. 39) wird der Innenrand fast stets durch herabgeschwemmtes Material erhöht und ist „alles darauf angelegt den Innenrand einer Terrasse zu erhöhen und den Außenrand tiefer zu legen“.

Wenn auch die Bauflur wie die Grundflur ein Ergebnis seitlichen Wanderns des Flusses ist, so besteht doch ein wesentlicher Unterschied in der Entstehung der Flur darin, daß diese im ersten Fall durch Aufschüttung bei Betterhöhung und fortwährender seitlicher Verlegung der Aufschüttungsflächen, im zweiten durch Erosion ohne Niveauveränderung des Bettes bei fortwährender seitlicher Verlegung der Angriffsflächen erzeugt wird. Seitenerosion ist auch für die Wiederholung des Vorganges, für die Entstehung einer zweiten Baustufe (nach der Eingrabung eines tieferen Talbodens) Bedingung. Denn die Baustufen sind meist so breit, daß sie nicht als bloße Ausfüllung der Flußrinnen betrachtet werden können. Vor der Eingrabung einer zweiten eingebauten Stufe (Pencks „Einschachtelung“¹) muß in der Regel eine Verbreiterung des Talbodens in den Ablagerungen der ersten Aufschüttung, also auch Persistenz des Talniveaus stattgefunden haben. Dieser Vorgang seitlichen Wanderns wird durch die Erwägung verständlicher, daß nach der Tiefenerosion, welche den Hang der ersten Baustufe erzeugte, Aufschüttung eintrat, sodaß an der Grenze zwischen den beiden entgegengesetzten Vorgängen (Tiefenerosion und Aufschüttung) ein kürzerer oder längerer Stillstand erfolgte.

Grundstufen entstehen demnach durch Wechsel von Talverbreiterung und Talvertiefung, Baustufen durch Wechsel von Talerhöhung und Talvertiefung. Grundfluren entstehen, wenn der Fluß seine jeweilige Erosionsterminante erreicht hat. Dieser Umstand gibt uns eine Erklärungsmöglichkeit für die von Bodmer² angegebenen Tatsache, daß die Grundfluren in der Schweiz meist ein schwächeres Gefälle zeigen als die entsprechenden heutigen Talböden, während die Baustufen das gegenteilige Verhalten zu zeigen pflegen.

Baufluren entstehen, wenn die Erosionsterminante gestiegen ist. Hierin könnte der Grund für ihre etwaige gegenüber den Grundfluren

¹ Auch Einschachtelung mit unvollständiger Ausräumung, wobei sich die jüngeren Schotter über den tieferen Teil der älteren legen, kommt sicher nicht selten vor.

² Bodmer, Terrassen und Talstufen der Schweiz, Zürich 1880, 42. Für das Reußgebiet widersprechen sich die Angaben Bodmers und Heims (Heim, Über die Erosion im Gebiete der Reuß, Jahrb. d. Schweizer Alpenklubs 1879, Karte) insofern, als Heim nur $\frac{1}{5}$ des Gefälles für die unterste Stufe (100 m auf 40 km) im Vergleich mit Bodmer (78 m auf 6 km) angibt.;

stärkere Neigung liegen (falls nämlich, was bestritten worden ist¹, die erwähnten Stufen in der Schweiz Flußstufen sind und das dort erkannte Verhältnis ein gesetzmäßiges ist).

Wir haben noch die Richtung in Bezug auf das Tal zu betrachten, in welcher die verschiedenen Ereignisse der Stufenbildung vor sich gehen. Die Anschüttung der Baustufen erfolgt von oben nach unten (von der Ursprungsgegend des Tales an). Das Geschiebe, zu dessen Förderung der Fluß zu schwach ist, bleibt zunächst oben liegen, wodurch eine Neigungsverstärkung des Grundes entsteht, welche soweit fortgesetzt wird, bis die Geschiebeverfrachtung möglich ist. Der Grad der entstandenen Neigung hängt auch von der Korngröße der Geschiebe ab. Aus der Entstehungsart folgt auch, daß die Schotter oben (näher dem Ursprung) mächtiger sind als unten. Die Bildung des Hanges der Längsstufen und damit erst der Stufen selbst erfolgt entsprechend dem Rückschreiten der Erosion von unten nach oben, zuweilen in gesonderten Flußstrecken für sich.

Bei der Bildung der Grundstufen wird die erste Phase, die Erweiterung des Talbodens, im allgemeinen unten zuerst entstehen, weil der Fluß dort zuerst seine Erosionsterminante erreicht. Die Hangbildung erfolgt ebenso wie bei den Baustufen.

Die Flur der Baustufe entsteht mit ihrem Körper, während der Körper der Grundstufen schon vor der Flurbildung vorhanden war.

III. Die Taltreppe bei Graz als Beispiel.

(Hiezu die Karte und die 3 Bilder.)

Das betreffende Gebiet umfaßt das Viereck St. Stefan—Radegrund—Laßnitztunnel—Pirka bei Straßgang.

Möglicherweise ist das Schöcklplateau die höchste Flur in der Nähe von Graz. Als ungefähre Höhe ist 1400 *m* einzusetzen. Ein Hang leitet hinab zum Niederschöckl (Göstinger-Schöckl) dessen langgestreckte Flur in beiläufig 1290 *m* Meereshöhe liegt. Das Vorhandensein zweier Fluren und eines Hanges zwischen ihnen machen die Zugehörigkeit zur

¹ Penck hält sie für Gletschererzeugnis. Übrigens hat schon Rüttimeyer (Tal- und Seebildung, Basel 1869, 4^o, p. 16) von „Eismitwirkung bei Bildung von alten Stufen“ gesprochen. Löwl (Verh. geol. Reichsanst., 1894, 469) sagt nach einer Bereisung des Reußtales, daß dort die „Hochterrassen“ in jedem beliebigen Niveau vorkommen und „sich durch nichts von den höckerig abgeschliffenen Bergschultern und Hangkuppen unterscheiden, die bei uns zulande durch Regenrillen, vorzugsweise aber durch den Schurf der eiszeitlichen Gletscher aus den Talwänden heraus gedrechselt wurden“.

Talbildung wahrscheinlicher, als dies bei bloßem Vorkommen einer Flur allein der Fall wäre.

1. Die höchsten Flußablagerungen liegen bei Graz in 700 *m* Meereshöhe, während die Mur an der zu vergleichenden Stelle 380 *m* Meereshöhe erreicht. Diese Flußablagerungen, vorwiegend Quarzschotter, bilden mit dem silurischen Schöcklkalk eine Überbaustufe beim Kalkleitenmöstl an einem südlichen Ausläufer des Schöckls. Die Schotter wurden nach ihrer petrographischen Beschaffenheit als Belvedereschotter in die Pliozänstufe¹ gestellt, wenn auch die Pikermifauna in unserem Hügelland von Fundorten stammt, welche mehr als 100 *m* tiefer liegen.

Im inneren Teile der Alpen müssen die Talsohlen dementsprechend ebenfalls bedeutend höher gelegen haben als gegenwärtig. Geyer² betrachtet ortsfremde kristalline Geschiebe „auf dem Gipfel der Trisselwand, also 1100 *m* über der Talsohle“ als Gletscherablagerung. Ich wurde im Jahre 1890 durch den „Führerlois“ in Aussee auf diese Geschiebe aufmerksam gemacht. Sie liegen nicht auf dem Gipfel, sondern bilden den Rest einer Hochflur, im OSO vom Trisselwandgipfel und im NO vom Schoberwiesberg in beiläufig 1700 *m* Meereshöhe, 70 *m* unter dem

¹ Die Kongerien- und die Belvedereschichten werden von einem Teil der Fachleute zum Miozän, von einem anderen zum Pliozän gerechnet. Da beide Schichten die Säugetier-Fauna von Pikermi enthalten, stellt sich die Frage nach dem Alter dieser Fauna. Wie schon Th. Fuchs aufmerksam gemacht hat, hat Gaudry bei Pikermi unter den Säugetier-Schichten pliozäne Ablagerungen entdeckt. Unter den knochenführenden Schichten und zu Raphina unter rotem Lehm, der die Schritt für Schritt verfolgbare Fortsetzung der knochenführenden roten Lehme von Pikermi ist, hat er pliozäne Meeresablagerungen mit 4 sp. gefunden, (Gaudry, Animaux fossiles et géologie de l'Attique, 435) und unter dem Pliozän lakustres Miozän. Dem gegenüber bedeutet es nur eine Inkonsequenz, wie Fuchs hervorhebt, daß Gaudry in den „Enchaînements“ die Pikermifauna als miozän bezeichnet. Die Angaben R. Hoernes' (Bau und Bild der Ebenen Österreichs, 992), daß „die vorgebrachten Tatsachen die Frage deshalb nicht im Sinne von Fuchs entscheiden konnten, weil in Griechenland jüngere (levantinische) Flußwasserbildungen, nicht aber echte pontische über den Meeresbildungen auftreten“, ist nur durch Außerachtlassung der angeführten Lagerung bei Pikermi zu erklären. Und wenn Hoernes weiter meint, der Standpunkt, die Pikermifauna als miozän zu bezeichnen, sei „zweckmäßig“ und „solche Fragen über die Abgrenzung der künstlich geschaffenen chronologischen Epochen habe nur einen nebensächlichen Wert“, so ist dagegen einzuwenden, daß es sich hier nicht um die Legung der Grenzen handelt, sondern darum, wo die in den marinen Ablagerungen bereits festgelegte Grenzlinie zwischen Miozän und Pliozän in den terrestren Ablagerungen liegt. Also nicht die Frage nach der konventionellen Festlegung einer Grenzlinie, sondern nach der Parallelisierung von Ablagerungen ist zu beantworten.

² Das Tote Gebirge. Zeitschrift des deutschen und österreichischen Alpenvereines, 1887, 432.

Gipfel. Geyers Angabe würde, wenn man den Spiegel des Alt-Ausseer-sees der Talsohle gleichsetzt, 1800 *m* Meereshöhe ergeben, was die Gipfelhöhe übersteigt. Ich halte diese Geschiebe nach ihrer Form für Flußgeschiebe¹. Wenn die Talsohlen, denen die Schotter der Trisselwand und des Kalkleitenmöstls entstammen, gleichzeitig bestanden haben, so ergibt sich ein senkrechter Talsohlenabstand beider Vorkommen von 800 *m*. Der gegenwärtige senkrechte Abstand der nach ihrer Lage entsprechenden Talsohle der Mur an der nordwestlichen Landesgrenze und bei Graz beträgt 580 *m*. Wenn die zwei, wahrscheinlich tertiären Talsohlen dem gleichen Flußsystem angehört haben, so bestand ein bedeutenderes Gefälle als heute, wie man das ja auch annehmen müßte. Ob der Höhenunterschied der Schotter etwa auf Bewegungen der Erdrinde beruht, müßte allerdings erst die Aufsuchung einer Gefällskurve der Flurenreste feststellen.

An unseren höchsten, ältesten, Stufen sind wie bei den pliozänen und ältesten diluvialen die Fluren zwar im großen erkennbar, aber die Flächen sind uneben, durch die Denudation verwischt und meist nur als Schemelfluren erhalten.

In das gleiche System wie die Schotter vom Kalkleitenmöstl gehören die Schotter des Bildsteines im NW von Rinegg (698 *m*) sowie die Ebene des Schieferkammes des Lineckberges, der auf eine Erstreckung von über 1 *km* nur um 4 *m* Höhe wechselt (Grundschemelflur); auch die Schotter des Straßengler Berges (680 *m*) reihen sich ungezwungen in dieses System, denn die Entfernung vom Kalkleitenmöstl beträgt 10 *km* und auf diese Entfernung hat auch unser Murfluß 20 *m* Spiegelunterschied. Diese älteste Stufe ist überall an die paläozoische und archaische Umrandung unseres tertiären Hügellandes gebunden, weil dieses selbst die erforderliche Höhe nirgends erreicht.

Zu 1 habe ich noch den Überbauschemel am Kreil (660 *m*), nördlich von St. Veit, gestellt. Diese und die Flur Schirmleiten S, sind in der Nähe des Kalkleitenmöstl sehr schön sichtbar.

2. Hierher gehören die Flur zwischen Steinberg (unbenannte Kuppe [646 *m*] nördlich von Mariatrost) und Lineckberg in der Meereshöhe 625 *m* und die Flur Hofstetter S (Platte NW), 639.

3. Die nächst niedrigere Flur² tritt an Überbauschemeln im Hügellande östlich von Graz auf, welches aus untermiozänen Süßwassertonen

¹ Penck (Alpen im Eiszeitalter, 270), der die Deutung Geyers annimmt, findet, daß die durch die Geschiebe bezeichneten erratischen Grenzen höher liegen, als man nach den übrigen Kennzeichen im Ennstale annehmen sollte. Er meint, daß es sich vielleicht um eine ältere Vergletscherung handle.

² Nach dem geringeren senkrechten Abstand der jüngeren Stufen zu schließen, mögen nicht alle älteren mit der hinreichenden Deutlichkeit erkennbar sein.

mit darüber gelagertem Belvedereschotter besteht. Diese Flur ist in einer ungefähren Meereshöhe von 580 *m* am Reindlweg (Eggersdorf) ausgeprägt. Dahin gehören auch der nahe Rücken, auf welchem der Prellerbergturm steht und die höchste Erhebung der Riesstraße bei dem Wirtshause „Bäckenpeter“ (575 *m*), sowie die höchsten Stufen der Wasserscheide zwischen Mur und Raab überhaupt (unbenannte Kuppe südlich vom „Bäckenpeter“ (584 *m*). Zu dieser Flur gehören vielleicht auch die niedrigeren Teile des Rückens der Kanzel (Graz NNW).

4. In ein und dasselbe Niveau zu zählen sind die Fluren Platte S (551 *m*) und „Amtmann“-Buckelberg über Laßnitzhöhe (544 *m*). Das Bild zeigt eine durch nachträgliche Erosion sanft wellige, ausgedehnte Hochflur. Sie als Spur einer Peneplain zu erklären, scheinen mir die Anhaltspunkte nicht genügend.

5. Um 500 *m* liegen die Fluren der Überbauschemel der Rücken mit dem „Attemshof“ (Autal N, 500 *m*) und Kracherberg, südlich von Autal (482 *m*), und Villa Junkl NO, am Rosenberg (513—520 *m*).

6. In ungefähr 460 *m* Meereshöhe sind die Reste einer weiteren Flußebene, teils Bau-, teils Überbauschemeln angehörig, erkennbar. (Zwischen Lustbühel und dem „Hirschenwirt“ auf dem Ruckerlberge, auf den Petersbergen, auf dem Rosenberg, hinter dem „Ladenwirt“ auf der Ries und in Unter-Weizberg auf der Andritz). Zu dem gleichen Talboden gehört die Flur des Grundschemels in Schattleitern, dessen Fuß zwischen Kreuzwirt und Chausseewirt (Kreuzwirt O), liegt. Sie hat eine Höhe von 460 *m*. Man sieht diesen Schemel sehr gut, wenn man mit der Bahn aus der Murenge oberhalb Graz hinauskommt, auf dem jenseitigen Ufer.

Mit der gleichen Nummer sind auf der Karte die Fluren im NW der Johanneskapelle in Petersbergen (456 *m*), Hilmwarte—Hahnhof (446 *m*) und Breitenweg (Lustbühel W, 440 *m*) und Rudolfstraße („Villa Rudolf“ der Karte O, 430 *m*) bezeichnet. Unter 6 sind die Reste verschiedener Talniveaus vereinigt, da die geringen Abstufungen zwischen 438 und 470 *m* eine Trennung nicht durchzuführen erlauben. Nur die unter 6a auf der Karte verzeichneten Stufen lassen sich mit Sicherheit als ein tieferes Niveau, als die mit der höchsten Kote innerhalb 6 bezeichnete Flur erkennen, weil von dieser zur Breitenweg-Flur ein Hang hinabführt. Da aber zwischen beiden, an anderen Stellen, andere Flurhöhen eingeschaltet sind, ist nicht durchgehend ermittelbar, welche Teilstücke dem einen, welche dem anderen Flursystem angehören.

In 430 *m* Höhe liegt ein Flurstück östlich vom Gasthause „Franzenhöhe“ auf dem Ruckerlberg. Wo der die Flur benützende Weg zur Villa „Hochalpe“ ansteigt, legt sich an die Nordseite des Hügels mit der Schieß-

station die Fortsetzung der Flur in einer undeutlichen Stufe an. Nach der Übersetzung des Hügels geht der Weg wieder auf der Fortsetzung der Stufenoberfläche, die hier wieder eine Schemelflur ist, bis über die Abzweigung des Weges zum Schlosse „Lustbühl“. Auf dem durch ein Tal getrennten „Breiten Weg“ reicht in der gleichen Höhe eine Schemelflur bis zum Anstieg zum Schloß. Die Höhe dieser Flur entspricht einer im Aul, nahe dem Talboden liegenden, von Ton der pontischen Stufe bedeckten Schotterablagerung, die in der Degen'schen Schottergrube ausgebeutet wurde. Abweichend von der sonstigen Beschaffenheit unseres Pliozänschotters, der fast ausschließlich aus Quarz besteht, finden sich hier zahlreiche kristalline Geschiebe, sodaß dieser Schotter dem Belvedere-schotter gegenüber das Aussehen eines Lokalschotters hat.¹

7. Auf diese bisher behandelten, sicher tertiären und von dem heutigen Flußnetz unabhängigen Treppenteile folgen an beiden Rändern des Murtales liegende Grundstufen, deren Fluren durch Denudation verwischt sind. Die rechte Seite ist bei Krottenhof (Flur 369 *m* Meereshöhe, aus abgeschwemmtem Verwitterungslehm mit Sandlagen bestehend), dann zwischen St. Martin und Straßgang (aus untermiozänen Süßwasserschichten bestehend), die linke bei Messendorf (370 *m*, aus pliozänen Schichten bestehend) entwickelt. Zu diesem System gehören die Grundstufen, über deren Hang die Fuxgasse zur Herdergasse hinanführt (untermiozäner Süßwasserton), und die, auf welcher das neue landschaftliche Krankenhaus bei der Leonhard-Kirche erbaut ist (385 *m*, der gleiche Süßwasserton, darüber pliozäne Lehm- und Flußschotter). Die gleiche Stufe geht durch die Ehlergasse, wo sie abgegraben ist, während sie am benachbarten Teile des Ruckerlberges noch unverletzt sichtbar ist (379 *m*, westlich von der mit „Villa Rudolf“ überschriebenen Stelle der Karte). Die Höhenunterschiede dieses Systems gehen nicht über diejenigen hinaus, die bei dem starken Gefälle der älteren Stufen zu erwarten sind. Der Höhenunterschied zwischen der Flur dieser Stufen und dem heutigen Talweg stimmt ungefähr mit Erosionstiefen seit altpaläolithischer Zeiten aus anderen Gegenden überein, die Stufen sind nach ihrer Lage als durch die Mur und ihre Nebenflüsse geformt erkennbar. Diese Stufen

¹ Tertiäre Lokalschotter kommen auch in unseren untermiozänen Süßwasserschichten vor. (Wolf'sche Ziegelei auf der Andritz bei Graz, Brunnen des hygienischen Instituts auf dem Universitätsplatz in Graz.) Als einen tertiären Lokalschotter muß ich nunmehr auch den von mir früher (Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt, 1893, 350) für diluvial gehaltenen von St. Peter bei Graz betrachten. Er und der darüber liegende Tegel sind nach Säugetierresten aus der Gegend, wenn auch die genauen Fundorte nicht bekannt sind, mit sehr großer Wahrscheinlichkeit pontischen Alters.

sind somit ziemlich sicher der Form nach im älteren oder mittleren Diluvium entstanden, ihrem Körper nach im Pliozän.

Dieser Stufe entspricht in der Flurhöhe die obere von Ober-Premstätten, außerhalb des Kartengebietes. Auf ihr liegen das Schloß und die großen Ziegeleien.¹ Besonders merkwürdig ist hier die von mir festgestellte große Mächtigkeit der Lehmhaube (17 m). Über ihre Entstehung ist eine befriedigende Erklärung nicht vorhanden.

8. Wenige Meter über die Neufelder Baustufe erhebt sich die Grundstufe, auf welcher Waltendorf, Messendorf und Raaba stehen. Entsprechende Teile auf der rechten Seite konnte ich nicht sicher feststellen.

Darauf folgen abwärts die schönen, lang hinziehenden drei sicher diluvialen, aus Schotter bestehenden Baustufen auf beiden Seiten.

9. Steinfelderstufe mit 362 m Flur-Meereshöhe bei der Brauerei Steinfeld am rechten, Neufelder Stufe am linken Ufer. Auf der Neufelder Stufe steht auch das Verpflegsmagazin in der Petersgasse. Karmeliterplatz und Paulustor liegen auf ihr. Die Steigung der Moserhofgasse von der Münzgrabenstraße an ist der durch Grabung und Anschüttung ausgeglichene Hang dieser Stufe, desgleichen der Hafnerriegel, der von der Dominikanerkirche gegen Waltendorf verläuft. Diese Stufe hört rechts unterhalb Feldkirchen auf. In diesen Stufen wurden links von der Mur Mammut und wollhaariges Nashorn gefunden. Sie reicht also nicht an den Anfang der Diluvialzeit zurück.

10. Dominikanerriegelstufe rechts, Harmsdorferstufe links, 360 m beim Pulverturm ober dem Lazaretfeld, 346 m bei Liebenau. In diesen Stufen wurden rechts von der Mur Mammutstoßzähne und Feuerstein-Speerspitzen von der gestielten Lorbeerblattform der Solutré-Stufe gefunden. (Stück im Steiermärkischen Joanneum, geologische Abteilung.) Das Alter des Schotters, aus dem die Stufe besteht, ist demnach jungpaläolithisch. Diese Stufe erstreckt sich am weitesten gegen Wildon. Die Münzgrabenstraße liegt auf der Flur dieser Stufe. Der Hang zieht nahe an der Dominikanerkirche vorbei. Er ist zwar durch Anschüttung auf der Flur von 11 verwischt, aber gegenwärtig sieht man bei deren Unfertigkeit noch deutlich, daß die Keller der Häuser in der Arndtstraße in diesen Anschüttungen liegen.

11. Die Karlauerstufe rechts, mit dem Zentralfriedhof auf ihrer Flur, erreicht bei Graz beiläufig 358 m Meereshöhe, bei Feldkirchen 342 m, die Liebenauerstufe links, bei der Kadettenschule 341 m. Die Stufen 7—12

¹ Vergl. Penck und Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter, 1131 f., u. Referat Hilber, Mitteil. des naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark für 1908, 477.

enthalten Nefritgeschiebe, zum Teile mit Spuren menschlicher Tätigkeit (Kantenschliff). In einem Körper von 9 wurde in einem Winkel zwischen Süd- und Staatsbahn ein Mammutzahnstück, in der Schörgelgasse ein Höhlenbärenzahn gefunden. Der erstgenannte Fund, nahe dem Hang der nächsthöheren Stufe, beweist, da er leicht durch Umlagerung in den Schotter gekommen sein kann, nichts für dessen Alter. Im Zusammenhange mit dem letztgenannten aber sprechen die Funde für das diluviale Alter auch dieser Stufe.

12. Unterste Stadtbodenstufe, 350 *m* Flurhöhe. Ihr Schotter enthält geschliffene Steinwerkzeuge, darunter ein Nefritbeil, Kulturreste der Bronzezeit, beider Eisenzeiten, der Römerzeit, der Gegenwart und die heutige Fauna. Der Stufenkörper umfaßt somit die Kulturstufen von der jüngeren Steinzeit bis zur Gegenwart. In dieser Stufe erreichen auf dem Grazer Jakominiplatz die untermiozänen Süßwassertone die Oberfläche. Sie ist also eine Nebenbaustufe.

Die Stufen 8—12 sind auf der Karte durch Umrandung ihrer Fluren bezeichnet, die übrigen wegen ihrer kleinen Flurenflächen nur durch Striche. Die genauere Verfolgung der Stufen in die Seitentäler, wo deren ebenfalls vorhanden sind, muß ich anderen überlassen. Auch erhebe ich keinen Anspruch auf Eintragung aller Schemelfluren in die Karte.

Übersicht der Stufen bei Graz.

(Die Zahlen bedeuten die Meereshöhe in Metern.)

I. Tertiär.

Schöckl? 1440.	4.
Niederschöckl? 1290.	Platte S, 551.
1.	„Amtmann“—Buckelberg 544.
Lineckberg 698—694.	5.
„Kalkleitenmöstl“ 694.	Villa Junkl NO, 520—513.
Rinegg 680.	„Koppenhof“ Autal WNW, 518.
Frauenkogel 672.	Schirmleiten S, 508.
Am Krail 660.	„Attemshof“ 500.
2.	Kracherberg 482.
Hofstetter, S (Platte NW) 639.	6.
Zwischen Steinberg und Lineck- berg 625.	Lustbühel O, 470.
3.	Unter-Weizberg 470—460.
Eidexberg bis „Bäckenpeter“ 575—570.	Schattleiten (mit „Kreuzwirt“ be- schriebene Höhe der Karte) 469.

„Stoffbauer“ SW, 460. 6a.
 „Ladenwirt“ O, 460. Breitenweg 440.
 Petersberge (Johanneskapelle NO) Rudolfstraße 430.
 456. Rainerkogelvorsprung, St. Ulrich
 Hilmwarte — „Hahnhof“ 446. NW, 410.

7. II. Diluvial.

Krankenhausneubau, St. Leonhard, Paulustor in Graz (367)—St. Peter-
 unteres Plateau, 385. Friedhof (361)—Neufeld (348).
 Herdergasse 380. 10.
 Webling 380. Dominikanerriegel 360.
 Ehlergasse 379. Harmsdorf 350.
 Messendorf 370. Obere Teile von Liebenau 346.
 Krottenhof 369.

8. 11.

Waltendorf—Grambach 371—346. Lazaretfeld 358.

9. Feldkirchen 342.

Eggenberg (371)—Steinfeld (362)— Liebenau 341.
 Straßgang (348).

III. Alluvial.

12.

Unterster Stadtboden 350.

In der Gegend nordnordwestlich vom Grazer Schloßberg sind die Stufengrenzen nicht erkennbar, weshalb dort die Einzeichnungen unterblieben sind. Auf eine höhere Stufe als 12 weist z. B. die Höhenkote 356 der Grabenstraße.

Höhen der diluvialen und alluvialen Stufen bei Graz.

Gemessen von der Außenkante zur Basis. (Ober dem Strich ein Punkt der zugehörigen, darunter ein solcher der niedrigeren Flur.)

rechts			links		
Stufen- Nummern	Orte Meter über Murpegel-Null- punkt (346 m)	Höhe in m	Orte Meter über Murpegel-Null- punkt (346 m)	Höhe in m	
7	Grottenhof	un- gefähr 10	Hilmteich 32	11	
			Universität 21		
			Höchster Punkt der Herder- gasse 37	13	
			Liebiggasse 24		

rechts			links	
Stufen- Nummern	Orte Meter über Murpegel-Null- punkt (346 m)	Höhe in m	Orte Meter über Murpegel-Null- punkt (346 m)	Höhe in m
7	Grottenhof	un- gefähr 10	Neues Landes-Krankenhaus im Mittel 40 Leonhardkirche 31	9
9	Pulverturm Flur der Stufe 14 Fuß der Stufe 11	3	Verplegsmagazin, Schörgel- gasse—Petersgasse Flur der Stufe 16 Fuß der Stufe 9	7
10	Lazaretfeld W, in der Rich- tung der südlichen Allee, längs der Kaserne 12 — 8	4		
10	Lazaretfeld O $\frac{7}{4}$ Zentral-Friedhofeingang Mühlgangbrücke	3 4·25		
9 + 10 + 11	Burgtor 19 Herrengasse 5 Mandellstraße 11·3 Tummelplatz 7	14 4		
10 + 11	Südbahnhof Transportsammelhaus	12·30	Harmsdorf ¹ Staatsbahnhof Engelsdorf Kadettenschule	9 3 ²
12			Franz-Karl-Brücke 6 Murpegel 0	6
9 +10 +11 +12	„Walterhof“ (Brauerei Stein- feld SSO) 16 Murpegel 0 (346 ü. d. Meere)	16		

Die Summe der am Hang gemessenen Hanghöhen ist immer kleiner, als der Unterschied zwischen oberster und unterster Flur (wegen des seitlichen Ansteigens der Fluren). Für Hilfe beim Aufsuchen der Daten aus den Stadtplänen danke ich Herrn Oberingenieur Neunteufel.

¹ 9 fehlt zwar, aber die Flurhöhen sind die von 9 und 11.

² In dem Unterschiede der letzten zwei Zahlen 9 und 3 kommt das stärkere Gefälle der höheren gegenüber der niedrigeren Stufe zum Ausdruck.

Gefälle der Stufen.

In dem eng begrenzten Raum des Beispiels waren nur von folgenden Stufen brauchbare Werte zu gewinnen:

1. Lineckberg—Rinegg	18 m auf	4 km	4·5 pro mille		
Kalkleitenmöstl—Rinegg	14 " "	4·6 "	3·0 " "		
Kalkleitenmöstl—Frauenkogel	22 " "	8·5 "	2·6 " "		
Kalkleitenmöstl—Lineckberg	4 " "	2 "	2·0 " "		
durchschnittlich für alle vier Strecken			3·0 " "		
5. Villa Junkl—„Attemshof“— Kracherberg	38 " "	10 "	3·8 " "		
7. Krankenhausneubau—Messendorf	26 " "	12 "	2·2 " "		
8. Waltendorf—Grambach	25 " "	7 "	3·6 " "		
9. Eggenberg—Straßgang	23 " "	6 "	3·8 " "		
Paulustor—Neufeld	19 " "	4·5 "	4·2 " "		
durchschnittlich für beide Strecken			4·0 " "		
10. Dominikanerriegel— zwischen Wagram und Feldkirchen	15 " "	6 "	2·5 " "		
11. Weinzöttlbrücke—Puntigamer- brücke	22 " "	10 "	2·2 " "		

Die Stufen 1 und 5 gehören einem anderen Flußsystem, als das heutige ist, an. Ihr Gefälle ist durchschnittlich größer als das des untersten Talbodens. Stufe 7 ist eine Grundstufe, deshalb ist, obwohl sie der Mur zugehört, ihr geringes Gefälle (gleich dem des untersten Talbodens) nicht überraschend. Das Gefälle der Baustufen hingegen nimmt so ab, wie es der Ursache ihrer Entstehung entspricht.

Ausblick vom Ruckerlberg.

Ein Spaziergang über den Ruckerlberg gewährt einen guten Einblick in die Höhenstufen der Taltreppe. Östlich vom Gasthause „Franzenshöhe“ (unter „II“ in „Villa Rudolf“) betritt man eine der erwähnten Hochfluren. Sie reicht bis zur Pension Landrichter. Wir blicken in die Murenge oberhalb Graz. Westlich der Mur sehen wir die zweifelhafte Hochflur Vorderplabutsch, östlich von ihr die gleichfalls nicht in die Karte eingetragene Ebene der Kanzel. Auch der Rosenberg macht in seiner ganzen Länge den Eindruck der Ruine einer durch Denudation geformten Verbnungsfläche.

80 Schritte vor der Pension Landrichter blicken wir über die Hilm-

warte hinweg auf die Überbaustufe des Kalkleitenmöstl. Links davon sehen wir die undeutlichen Grundstufen des Geierkogels, rechts davon, in zwei Stufen ansteigend, Vorderschöckl und Schöckl. Rechts vom Schöckl, im NO vom Schöcklkreuz, zieht sich gleichfalls ein ebener Kamm hin, möglicherweise eine Flur. (Bild 1.)

Hinter der Pension erblicken wir, über den „1. Fuchswirt“ (das große Gebäude mit Veranda am Ausgange des Ragnitztales) und den Rosenberg hinweg, die eingesenkte, nach rechts geneigte Flur zwischen Lineckberg und Steinberg.

Hinter der Pension Landrichter übersteigen wir den Rest einer alten Talwand. Sie erreicht ihren höchsten Punkt (443 *m*) mit der Höhe, auf welcher die Wetterschießhütte steht und besteht aus Belvedereschotter. Die eben verlassene Flur, zu der wir schon zur Franzenshöhe absteigen mußten, ist also eine eingesenkte Flur gleich der in der Ferne gesehenen. Sie selbst ist von dem südlicher liegenden Rücken des Breitenweges schön sichtbar. Eine gleichartige, höher gelegene Flur betreten wir nunmehr unseren Weg hinter der Kuppe 443 weiter verfolgend. Zum Gasthause Lawugger steigt man wieder über eine Bodenschwelle hinan und dann wieder zu einer Flur hinab. Die Bodenschwelle ist die Ruine einer Talwand. Von der Flur hinter Lawugger sieht man nach S eine um 10 *m* höher liegende Flur. Nur der östliche Rest der zugehörigen Talwand ist, im „Lustbühel“, erhalten.

Ober dem Hohlweg hinter dem „Hirschenwirt“ blicken wir nach rechts hinaus in die Mündung des Autales. Die niedrigen Hügel an den Seiten geben dem Bilde eine auffallende Ähnlichkeit mit unseren „eingesenkten“ Hochfluren.

Schon bei Lawugger erblicken wir die wunderschöne eingesenkte Überbauflur hinter dem „Ladenwirt“ auf der Ries. Deutlicher ist sie von der Stelle aus zu sehen, wo unser Weg rechtwinkelig nach rechts zum Lustbühel aufsteigt und am schönsten bietet sie sich von der Hauptstraße aus, bevor wir Lustbühel erreichen.

Vom „Koppenhof“ nach Aital absteigend, sieht man links die Hügellandschaft um Laßnitzhöhe, deren Kamm schwachwellig auf und absteigt, wie eine verwischte Hochflur. (Bild 2.) Rechts erblickt man die gut erhaltene Flur von Hönigtal. Rückblickend sehen wir beim Abstiege das Flurstück, auf dem der „Koppenhof“ steht.

Unser Bild 3 zeigt den Gegensatz zwischen der jungen, wenig gegliederten Kammlinie von Hönigtal und der des dahinter befindlichen Kalksteinzuges (Plawutsch—Buchkogel). Der flachere Kamm der hintersten Bergkette (Bruchrand der Zentralalpen) ist auf Rechnung des Gesteins, kristalliner Schiefer, zu setzen.

Allgemeines über die Taltreppe bei Graz.

Wir haben auf unserem Spaziergange gesehen, daß auf vielen Bergkämmen der Umgebung wagrechte Strecken mit gegen den Horizont geneigten wechseln, das Land ist gestuft. Die wagrechten Strecken betrachte ich als Überreste alter Talböden, und zwar, da sie, mit Ausnahme der Schöcklflur, an „Hänge“ grenzen, als Querschnitte von Talböden. Die Flur ist im allgemeinen viel ebener als der Hang, woraus geschlossen werden muß, daß die Modellierung des Hanges der der Flur voranschreitet. Die schiefe Flur zwischen Lineck- und Steinberg braucht nicht auf eine nachträgliche Bodenbewegung hinzuweisen, sondern läßt sich auch durch die Annahme erklären, daß hier kein reiner Querschnitt, sondern ein auf die Längsrichtung des alten Tales schiefer Schnitt vorliegt. Noch deutlicher treten die alten Hochfluren an den Stellen hervor, wo sie an beiden Seiten von aufsteigenden „Hängen“ begrenzt sind (ingesenkte Hochfluren). In die Gruppe der eingesenkten Fluren gehört auch der Paß zwischen Straßengel und Tal.¹

Nach unten zu folgen sich die Fluren in immer geringeren Abständen. Namentlich auffallend tritt das bei einem Vergleiche der tertiären und der diluvialen Fluren hervor. Man kann aus diesem Umstande keine weitere Folgerung ziehen, weil die Erhaltungswahrscheinlichkeit der Oberflächenformen umso größer ist, je jünger sie sind.

Der vielstufige Bau des Geländes läßt uns erkennen, daß keinem Abschnitte der Eintiefung der Flußläufe ausgedehnte Ebenen entsprochen haben; also nicht Trümmer von Rumpfebenen (peneplain²) liegen hier vor, sondern Reste von verhältnismäßig schmalen Tälern.

¹ Pässe sind bereits von Österreich und anderen als Reste alter Flußläufe betrachtet worden.

² Peneplain Davis 1889: „Den Begriff der Wellungsebene formulierte zuerst W. M. Davis, welcher eine Oberfläche mit so geringen Wellungen, daß sie fast einer Ebene gleicht, Peneplain nannte“. (Penck, Morphologie der Erdoberfläche, 2. Teil, 1894, 24.) Nur die Namengebung ist Davis zuzusprechen. Den Begriff habe ich ein Jahr vor Davis vollkommen klar entwickelt (Erosionsbasis und Meeresverschiebungen, Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie, VI, 1888, 202); was weder Davis noch einer der zahlreichen Autoren, die ihm die Priorität zusprechen, berücksichtigten: „Wenn der Vorgang“ (Erosion und Denudation) „genügend lange andauert, wird das betroffene Festland in eine meerwärts wenig geneigte, in darauf senkrechter Richtung sanftwellige Ebene verwandelt, deren in der Entwässerungsrichtung geführter Querschnitt eine landwärts immer stärker gekrümmte Kurve, die Erosionsterminante ist.“ Weiter heißt es daselbst: „Wer in der Herstellung dieses Zustandes das Endziel der Denudation erblickt, übersieht meiner Meinung nach die Wirkung der subäerischen Agentien, welche eine Planierung des geneigten Landes anstreben. Die Verwitterung nimmt ihren Fortgang; der Wind entführt die feinsten Produkte derselben; sein Einfluß steigt

Die heutigen Täler schneiden die Richtung dieser alten, außer Betrieb gesetzten Strecken häufig rechtwinkelig.

Die in den Fluren und Hängen sowie in den Schotterablagerungen erhaltenen Quellen der Talgeschichte zeigen uns ein erhebliches Übergewicht der Eintiefungen über die zeitweiligen Anschüttungen. Nur in der letzten Zeit der Talbildung hat bei Graz die Anschüttung überwogen, denn die Mur läuft noch auf einer bis über 20 m mächtigen Lage ihrer eigenen Schotter.

Es liegt ferner kein Grund für die Annahme vor, daß etwa die Hochfluren nicht ehemals im jetzigen Niveau der Fluren strömenden Flüssen angehörten, sondern erst durch Hebung in ihre jetzige Lage gebracht worden seien, wie man das für die Längsstufen in den alpinen

mit der Höhenlage des Bodens, Sand und Staub sinken in die tieferen Stellen, von wo sie das Wasser als über das base level ragende Masse wegschafft. Das Maß der Wirkung wird von den Nebenumständen, namentlich der Vegetationsbedeckung, beeinflußt, aber die Verminderung, vielleicht auch die gänzliche Beseitigung der nach der Erosion zurückbleibenden Landabdachung wird das Endergebnis sein.“ Nach meinen Ausführungen wirkt also die Denudation über die Wellebene hinaus. Dort habe ich auch die Bedeutung des Vorganges für die Meerestransgressionen erörtert, was kein anderer Autor beachtet hat. „Die Denudation des Festlandes bereitet während der Kontinental-Periode eines Landstriches dessen Versenkung unter das Meer vor, indem sie seine Oberfläche erniedrigt, wodurch schon bei geringem Steigen der Strandlinie eine Überschwemmung des Festlandes ermöglicht wird.“ (VII. Band, 297.) Man darf in der Tat nach der topographischen Beschaffenheit des heutigen Meeresgrundes annehmen, daß nie eine Transgression über gebirgigen Grund stattgefunden hat. In ähnlicher Weise, wie ich früher, hat Davis (Proceed. Bost. Soc. of nat. Hist. XXIV, 1890, 382) auf den verschiedenen, dem Worte Erosionsbasis unterlegten Sinn hingewiesen. Ich habe allen Grund anzunehmen, daß Davis meine Arbeit nicht gekannt hat, umsomehr, als er mir nach Erscheinen einer früheren, ihm von mir nicht einmal zugesandten Arbeit ganz spontan geschrieben hatte, er werde „meine Methode auf das Studium der amerikanischen Flüsse anwenden“. Es handelte sich um die vergleichend-morphologische Methode, welche verschiedene heute nebeneinander bestehende Entwicklungsstadien aneinanderreihet, um die Bildungsgeschichte zu finden. Die Stelle, auf die sich Davis in dem erwähnten Briefe bezieht, lautet: „Auch eine Methode, welche in der vergleichenden Erdkunde noch kaum Anwendung gefunden hat, welche aber auch für andere Fragen derselben berücksichtigtenswert erscheint, führt zu dem gleichen Ergebnis. Es ist das Aufsuchen derjenigen Oberflächenformen, welche als Entwicklungsstadien der vollendeten Erscheinung betrachtet werden können.“ (Hilber, Die Bildung der Durchgangstäler, Petermanns Mitteilungen, 1889, 15). Übrigens hat Davis kürzlich (Ann. de géographie, 1899, VIII, 290) erklärt, daß er fälschlich für den Vater der Idee der peneplain gehalten werde. Er sei durch Powell (1875, Colorado) und Dutton (1882, Grand Cañon) angeregt worden. Beide Autoren führen aber nur im allgemeinen aus, daß die Denudation die Abtragung der Aufragungen anstrebe.

Quertälern, namentlich mit Rücksicht auf die Frage der Durchbruchstäler angenommen hat. Eine nach der Faltung erfolgte Heraushebung der Alpen aus ihrem Vor- und Rücklande müßte morphologisch deutlich erkennbar sein, da ja die noch älteren Talstufen gut erhalten sind. Gegen die „Antezedenztheorie“, nach welcher die Flüsse der Durchbruchstäler älter sein sollen als die Gebirge, habe ich schon im Jahre 1889 das regelmäßige winkelige Umbiegen dieser Täler vor ihrem Eintritte in das Gebirge angeführt, ohne daß dieser ausschlaggebende Umstand — einen Schweizer Forscher ausgenommen — Beachtung gefunden hätte. (Man müßte nämlich annehmen, daß die Gebirge sich zu ihrer Bildung Stellen ausgesucht hätten, wo Flußknicke vorhanden waren.)

Die in der Taltreppe niedergelegte Talgeschichte zeigt einen vielfachen Wechsel aufwärts und abwärts gerichteter Verschiebungen der Flurhöhen. Die ersteren zeigen sich als vorübergehende Störungen in einem überwältigenden Vorgange der Abwärts-Verschiebung der Flurhöhen, der Eintiefung.

IV. Baustufen.¹

1. Baustufen und Moränen.

Penck hat gefunden, daß die Baustufen der Alpentäler sich sehr häufig den talverquerenden Endmoränen anschließen, mit ihnen durch Verzahnung verknüpft und folglich mit ihnen gleichalterig sind. Du Pasquier² stellt den Begriff des Übergangskegels auf: flußabwärts von den Moränen befindet sich eine Schotteranhäufung mit einem Gefälle bis 8 pro mille. Darin finden sich Blöcke und zuweilen gekritzte Geschiebe. Die Blöcke reichen 3 bis 6 *km* weit von der Moräne abwärts. Auch Penck³ bespricht den stark geböschten (bis über 10 pro mille) Übergangskegel, unterhalb welchem Verflachung der Schotteroberfläche und regelmäßiges Korn vorhanden sei. Diese Beobachtungen sprechen nicht zwingend für die gleichzeitige Bildung von Stufen und Moränen. Was zunächst den Stufenbeginn an den Moränen betrifft, so kommt ein derartiger Beginn auch an Felstalriegeln vor (nach Steinmann⁴ im

¹ Hauptinhalt: Hilber, Bildungszeiten der Flußbaustufen, „Geogr. Anzeiger“, Frühjahr 1903.

² Du Pasquier, Über die fluvioglazialen Ablagerungen der Nordschweiz. Beiträge z. geol. Karte der Schweiz, 31, N. F. 1, Bern, 1891.

³ Alpen im Eiszeitalter, 17.

⁴ Steinmann, Die Spuren der letzten Eiszeit im hohen Schwarzwalde. Festprogramm der Albrecht-Ludwig-Universität in Freiburg, 1896. Huber A. (Beiträge zur Kenntnis der Glazialerscheinungen im südöstlichen Schwarzwalde. Stuttgart 1905) findet dort, wo Endmoränen fehlen, riegelartige Abschlüsse von Trogtälern.

Schwarzwalde). Die Ursache der Verbindung von Stufe und Moräne liegt also im Vorhandensein eines Talriegels und nicht in dessen Genesis. Steinmann gibt das Profil eines Talriegels, an welchen sich eine Stufe anschließt. Der Riegel hat Wallform. Steinmann erklärt dessen Zustandekommen durch Ausnagung seitens des Gletschers, der bis zum Riegel gereicht habe. Er nimmt an, daß sich über dem Hügel eine Endmoräne befunden habe, von welcher die Schotterstufe ausgegangen sei. Die Endmoränen seien an allen gleichartigen Riegeln durch Erosion spurlos beseitigt worden. Aber diese Theorie der Riegelbildung ist, scheint mir, nicht annehmbar, denn die Ausschürfung durch den Gletscher hätte im Tale nur eine Stufe mit talaufwärts gewandtem Hange bilden können; zu der Wallbildung durch Erosion gehört ein Angriff von beiden Seiten. Ähnliche Gesteinwälle stehen mehrere hintereinander im Drautale, in der Gegend des Endes der diluvialen Gletscher. Sie sind teilweise (in ihrem niedrigeren Teile) überkleidet von Moränen. Ich halte sie für Reste der Wände von zum Drautale senkrecht verlaufenden Tälern.

Ob die Schwarzwaldriegel Gletscherenden entsprechen, müßte durch die Untersuchung geprüft werden, ob die anschließenden Schotter Moränenmaterial enthalten. Für die eiszeitliche Bildung der Schotter wäre aber durch eine solche Feststellung nicht mehr bewiesen, als für die sich an die Endmoränen anschließenden Baustufen.

Brückner¹ erklärt einen Fall der Riegelbildung durch „selektive Erosion“, und zwar die talaufwärts schauende Seite durch Gletschererosion, die abwärts schauende durch Wegräumung weicherer Schichten.

Ferner ist das Fehlen der entsprechenden Talstufen hinter den Moränen keine ausnahmslose Erscheinung. Beispiele sind Pencks eigenen Arbeiten zu entnehmen. Von Groß-Raming im Ennstale führt er Moränen als äußerste Gletscherspuren an.² Er bezeichnet sie zwar nicht als Endmoränen, eine andere Spur sogar als Ufermoräne. „Ihr Zusammentreffen mit der Hochterrasse, welche talaufwärts bald verschwindet, macht es sicher, daß sie der Riß-Eiszeit angehört.“ Da die zugehörigen Endmoränen wegen der talab liegenden zugehörigen Ufermoräne talabwärts zu suchen sind, so haben wir hier eines der vielen Beispiele, daß die Baustufe hinter der Endmoräne auftritt. Sie reicht sogar sehr weit hinauf, denn noch bei Landl a. E. gibt derselbe Verfasser Rißschotter an. Endmoränen sind dort nicht erhalten. Man könnte annehmen, daß die Schotter aus Vorrückpausen des Gletschers

¹ Alpen im Eiszeitalter, 1056.

² Penck, Alpen im Eiszeitalter, 224.

herrühren, und daß die zugehörigen Endmoränen beim Vorrücken zerstört worden wären. Da die Schotter auch nur teilweise erhalten sind, kann man eine solche Möglichkeit nicht durch das Vorhandensein der Schotter ausschließen. Das Vorkommen von Schotterstufen in Tälern, deren Ursprungsgebiet niemals vergletschert gewesen (so im Hügelland, dessen Täler nicht von Gebirgen ausgehen, ferner in belgischen und französischen Tälern), lassen die Beziehungen zwischen Moräne und Schotter als keine notwendigen erscheinen. Das gleiche gilt auch für Felsriegel und Schotter, deren Verbindung selten ist. Penck¹ hat allerdings die Beobachtung gemacht, daß in dem nicht vergletschert gewesenen Teile der Pyrenäen, den Westpyrenäen, mit Ausnahme des Nivetales, keine Schotterterrassen vorkommen. Die Ausnahmen selbst sprechen ebenso gegen die Notwendigkeit des von Penck angenommenen Zusammenhanges, wie die außerordentliche Häufigkeit der Baustufen in unvergletschert gewesenen Gebieten.

Penck und Brückner zeichnen mehrfach Wechsellagerung von Moränen und Schotter knapp unter der Endmoräne. Das ist offenbar im Übergangskegel, der demnach als fluvioglaziale Bildung erwiesen wäre. Immerhin scheint mir aber hier eine Verwechslung abgeschwemmter, vielleicht sogar abgerutschter Moränenteile nicht ausgeschlossen, da die bisherigen Untersuchungen mit diesen Möglichkeiten nicht gerechnet haben.

Sind aber die Übergangskegel fluvioglazial, was für ihre Mehrzahl sicher ist, dann ist erst die Gleichzeitigkeit des Übergangskegels und der anschließenden Baustufe für die Gleichzeitigkeit von Moräne und Stufe zu erweisen, was an guten Aufschlüssen durch Verfolgung der Schichten möglich wäre, aber bisher nicht geschehen ist. Die pliozänen Schotteranhäufungen, stets ohne Verbindung mit Endmoränen, lassen sich ebenfalls gegen die Abhängigkeit der Baustufen von Moränen verwerfen, weil die fossile Fauna und Flora dieser Schotter ihre Entstehung in einer Eiszeit ausschließen. Ebenso ist eine solche Verbindung für die mächtigen Anschüttungen aus der Alluvialzeit ausgeschlossen. Bei Graz sind Schotteranhäufungen der untersten Stufe, welche nur heute lebende Tiere und Manufakte von der jüngeren Steinzeit an geliefert haben, über 20 m mächtig.

Man hat die isländischen Sandr als eine der eiszeitlichen Aufschotterung gleichartige Erscheinung hingestellt. Sie lassen sich nur mit den Übergangskegeln Du Pasquiers vergleichen. Daß die Transportkraft des Schmelzwassers rasch abnimmt, geht aus der Tatsache hervor,

¹ Penck, Die Eiszeit in den Pyrenäen. Mitteilungen d. Ver. f. Erdkunde, Leipzig, 1883, 11.

daß der Schotter der Sandr flußabwärts rasch in Sand und dann in Ton übergeht. Es scheint nicht ausgeschlossen, daß die Sande und Tone in der Inntalterrasse und die von Heritsch und mir aufgefundenen Tone und Sande in der Terrasse unter der Judenburger Moräne¹ Sandr sind. Das würde durchaus nicht hindern, daß ihr Oberbau und die Fortsetzung der Stufen der Bildungszeit nach von den Sandr verschieden wären. In besserer Übereinstimmung mit meinen Ausführungen steht die Annahme, daß die Aufeinanderfolge: „Ton, Mehlsand, Sand, Kies, Schotter“, welche auch in der Gnadenwald-Terrasse bei Innsbruck so schön vorliegt, von allmählicher Verstärkung der Transportkraft herrührt, wie sie Gefällssteigerung durch Aufschüttung bewirkt. Übergangskegel bilden übrigens keineswegs stets die Verbindung zwischen Moräne und Baustufe.

Für die Moräne oberhalb Judenburg gibt Böhm² an, daß die Moräne den Terrassenschottern auflagere. Das Fehlen der Schotter hinter der Moräne schreibt er Eiserosion zu. Auch Heritsch³ gibt Auflagerung der Moräne auf die Terrassenschotter bei Judenburg an. Ob er sich da an Böhm anlehnt, geht aus seiner Mitteilung nicht hervor. Folgende Ergänzung der bisherigen Beobachtungen dürfte dießbezüglich in Betracht kommen. In der Nähe der Moräne liegt südlich von der Straße eine Schottergrube. Dort sind geschichtete Schotter aus kantenrunden Geschieben aufgeschlossen, deren Gegensatz zu den wohlgerundeten Flußschottern wenige Kilometer abwärts auffällt. Man hat es mit zwei verschiedenen Ablagerungen zu tun. Die Geschiebe der einen wurden nur eine kurze Strecke im Wasser gerundet, die der andern eine längere. Die ersteren dürften zum Übergangskegel, dessen Nachweis durch Messung des Gefälles allerdings erst zu liefern ist, gehören, letztere zu einem Flusse aus der Zeit nach dem Eisrückgang. Du Pasquier⁴ hatte schon früher festgestellt, daß in der Schweiz „ein Teil der Schotter unter den inneren Moränen durchsetzt, ein anderer von diesen aus gebildet wurde“. Er betrachtet beide Arten von Schotter als glazial, denn er hat „nirgends eine auffallende Diskontinuität der Ausbildung in senkrechtem Sinne wahrgenommen, geschweige denn die Einschaltung von Eluvialbildungen“. Wenn man diese negativen Merkmale für ausreichend zum Erweise der Kontinuität der Schotter unter und neben den Moränen hält, ist es aller-

¹ Heritsch, Neue Aufschlüsse bei den Murgletschermoränen von Judenburg. Verhandl. d. geol. Reichsanstalt in Wien, 1909, 347.

² Böhm, Die alten Gletscher der Mur und Mürz. Abhandl. d. geogr. Gesellschaft, Wien, 1900, 12.

³ Verhandl. d. geol. Reichsanstalt, 1909, 347.

⁴ Du Pasquier, Über die fluvioglazialen Ablagerungen der Nordschweiz. Beiträge z. geol. Karte der Schweiz, N. F. 1, 1891, 32.

dings nicht anzunehmen, daß die Schotter neben den Moränen nach den Moränen gebildet worden sind. In Anbetracht der Gründe gegen die glaziale Entstehung der Terrassenschotter kann ich diese negativen Merkmale nicht für genügend erachten.

Ein anderer beachtenswerter Fall ist folgender: Die Endmoräne von St. Lorenzen (Völkermarkt OSO, Kärnten) bricht in ihrer Längserstreckung (quer zum Drautal und zum alten Gletscher) gegen das Drautal ab. An sie schließt sich nicht nur abwärts eine Terrasse, sondern diese Terrasse setzt sich auch aufwärts bis an die Stelle zwischen dem Abbruch der Moräne (sich unmittelbar an diesen anschließend) und dem Drautale (zunächst dem Lorenzer Bach) fort. Heritsch¹ sagt, vielleicht mit Rücksicht auf diese von ihm nicht angegebenen Tatsachen, daß die Hochterrasse unter der Moräne durchzieht. Um das als sicher anzunehmen, müßte die andere Möglichkeit ausgeschlossen werden, daß die Terrasse erst nach der teilweisen Zerstörung der Moräne entstanden sei.

Die Ursache der Verbindung von Endmoräne und Terrasse wurde von Penck zuerst darin gesucht, daß der Gletscher dem Flusse (dem Gletscherabflusse), eine größere Last übergeben, als der Fluß zu befördern vermocht habe. Aufschotterung und Gefällsvermehrung mußte die Folge davon sein. Diese Penck'sche Erklärung wird durch den Umstand widerlegt, daß die Terrassenschotter flußabwärts von der Moräne zum größten Teile echte, wohl ausgebildete Flußgeschiebe, also keine unmittelbaren Gletscherprodukte sind. In diesem Falle kann aber das Fehlen der Baustufe oberhalb der Endmoräne kein ursprüngliches sein, denn die Erhöhung der Talsohle unterhalb der Moräne (durch Aufschotterung), setzt eine diese übertreffende ober derselben voraus, sonst kann keine Aufschotterung stattfinden (die Geschiebe müßten denn im Wasser schwimmen oder aufwärts befördert werden, oder, was unten zu widerlegen versucht wird, auf dem Eise ankommen). Gegen Pencks Ansicht spricht auch das Vorhandensein mächtiger Schotterhochterrassen² hinter der Riß-Endmoräne der Mur in Obersteiermark. Wenn auch Böhm die 20 m hohen Terrassen für junge Schuttkegel erklärt, so bleiben nach ihm selbst die „bis zu 30 m mächtigen Reste entsprechender Schotterbildungen“ bei Teufenbach (von der Bahn ins Lavanttal aus gut sichtbar). Nach Böhm wären die Terrassenschotter älter als die Endmoränen, an welche sie angrenzen.

¹ Heritsch, Die glazialen Terrassen des Drautales. Carinthia 1905.

² F. Rolle, Die Braunkohlengebiete bei Rottenmann, Judendorf und Sankt Oswald und die Schotterablagerungen im Gebiete der oberen Mur in Steiermark. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt, 1856, 39.

Penck¹ hat übrigens jene Ansicht im weiteren Verlaufe seines Werkes aufgegeben. Ihm scheint nunmehr² die fluvioglaziale Aufschüttung als Beseitigung von Gefällsbrüchen, die zwischen Talsohle und Gletscheroberfläche entstehen.

Brückner³ hat die Bedeutung meines erwähnten Einwandes voll gewürdigt. Er gelangt zu der Annahme von auf dem Eise ankommenden geschiebebeladenen Flüssen, deren Sedimente den Gefällsbruch zwischen Gletscheroberfläche und Talsohle beseitigt hätten.

Eine Möglichkeit, die jetzige geringere Ausdehnung der Schotterterrassen oberhalb der Moränen oder oberhalb Felsriegeln zu erklären, ist die Annahme von Flußerosion, deren Wirkung in die Breite durch den Riegel gehemmt wird, weil der Fluß unmittelbar nach dem Riegel, der dem Flusse nur eine enge Durchtrittsstelle gestattet, im Seitwärtswandern gehindert wird.

In den von Du Pasquier und Böhm angeführten Beispielen wären die sich an die Endmoränen anschließenden Schotter oder Teile derselben älter als die Moränen. In den zahlreichen von Penck und Brückner angeführten Fällen, in welchen in den moränennahen Teilen der Stufen gekritzte Geschiebe vorkommen, muß die Stufe gleichalterig mit der Moräne oder jünger als sie sein.

Hier mögen einige eigene einschlägige Beobachtungen Platz finden.

Die Stufengeschiebe nahe unter den Endmoränen des Draugletschers und des Murgletschers sind so vollkommen gerundet, daß sie einen langen Weg im Flusse gemacht haben müssen. Nach Brückner („es finden sich vielfach auch reine Flußgeschiebe in den Schottern“⁴) müßte man glauben, daß unvollkommene Flußgeschiebe die weitaus größte Hauptmasse bilden, während in den genannten Fällen die vollendeten Flußgeschiebe weit überwiegen.

An dem von Penck (wie früher von Bayberger) übersichtlich dargestellten Ende seines würmzeitlichen Innngletschers habe ich an Stellen, die auch Penck besucht hat (Blätter der bayrischen Generalstabskarte 1 : 50.000, Wasserburg, Ost und West) einige ergänzende Beobachtungen gemacht. Nördlich vom Städtchen Ebersberg zeichnet Penck zwei Endmoränen. Aus der bayrischen Spezialkarte ersieht man, daß die Einsenkung zwischen den zwei Wällen und ein Teil des Landstriches hinter jenen tiefer liegt, als die Schotterebene vor ihnen. Es liegt also eine

¹ Alpen im Eiszeitalter, 654.

² Ebenso wie Brückner.

³ Zeitschrift für Gletscherkunde, 1910, 305.

⁴ Allerdings sagt er im gleichen Aufsätze auch: „Die Geschiebe in den Terrassen am Ende der großen Moränengebiete sind keineswegs durchwegs Flußgeschiebe“.

glaziale Serie im Sinne Pencks vor, in welcher die Endmoränen, wie sich zeigen wird, durch Ose ersetzt sind. Die glazialen Wälle erheben sich bis nahe 100 *m* über die kleinen Täler hinter ihnen. Das Gefälle des Schotterfeldes vor den Wällen beträgt im Ebersberger Forst 7·2 pro mille. Das ist das Gefälle der Übergangskegel, ein Gefälle, welches einer im Verhältnis zur Geschiebelast geringen Wassermenge entspricht.

An den Straßen, welche das Gebiet durchziehen, sind in regelmäßigen Abständen Schottergruben angelegt.

Penck sagt über die Gegend: „Im großen und ganzen muß der Aufbau des Moränengürtels ruhig vonstatten gegangen sein, mutmaßlich teilweise unter dem Eise, welches an der Sohle schmelzend das herbei geführte Material fallen ließ. An einigen Stellen blieb letzteres so liegen, wie es austaute, an anderen wurde es von den Schmelzwässern mehr oder weniger verschleppt oder kam erst in Gletscherseen zur Ablagerung. Soweit die Aufschlüsse reichen, geschah die Bildung des Endmoränenwalles hier weniger durch Schuttanhäufung am Gletscherrande, als durch Zusammenpressung des vor dem Eise lagernden Materiales.“

Ich beobachtete fast ausschließlich fluviatile Ablagerungen, auch in den Endwällen: Ebersberg, N, Anstieg zum äußeren Walle, am Wege nach Reitt, westlich von der Straße, ziemlich gut gerundeter Schotter, Schichtung und Sichtung von Schotter und Sand, selten Kreuzschichtung, hie und da Blöcke. Daraus besteht der untere Teil des Walles an dieser Stelle.

Wo von der Straße Ebersberg—Forstinning der Weg nach Anzing abzweigt, ist ein bei 15 *m* hoher Aufschluß in geschichteten und gesichteten Schottern und Sanden mit gekritzten Blöcken. Die Ablagerung fällt unter Winkeln bis 45° nach Norden ein.

An der Straße Ebersberg—Hohenlinden liegen drei Schottergruben in horizontal geschichteten Schottern und Sanden, wovon eine in den Moränen (Wegabzweigung nach Halbing), die andern zwei im Übergangskegel des Ebersberger Forstes. Ein Unterschied zwischen den Schottern der Moränen und des Übergangskegels ist nicht wahrnehmbar. Im Norden von Steinhöring, an der Straßenabzweigung nach St. Christoph ist eine echte Endmoräne mit kubikmetergroßen Blöcken in ungeschichtetem, unvollkommen gerundetem Schotter mit gekritzten Geschieben an zwei Stellen aufgeschlossen. Im nahen Weiler Ruppertsdorf sah ich grauen Grundmoränenlehm. Die durch ihn verursachte Quelle floß trotz der großen Dürre des Sommers 1911 kräftig (im August). In Niederaltmannsberg, ebenfalls im Gebiete der Endwälle, sind südlich von den Häusern fluviatile Schotter und Sande mit Blöcken und Stauchungen aufgeschlossen.

Den Zug der Endwälle verquerte ich noch an einer anderen Stelle, zwischen Wasserburg und Gars. Südlich von der Station Gars zeigt eine Schottergrube gesichtete und geschichtete Schotter und Sande.

Südlich von den zwei großen Wällen liegt ein flachhügeliges Gebiet, welches von den zwei genannten Autoren noch zum Endmoränengebiet gerechnet wird. In dieser Gegend sah ich durchaus nur geschichtete Schotter. So zwischen Wasserburg und Gars: zu Odelsham auf der Innleiten, im Norden von Wasserburg, hier mit großen Blöcken, ferner am Ausgange von Würmetsham am Wege nach Bergham, hier mit Tegeleinlagerung, dann zu Bärnham mit Kreuzschichtung; bei Ebersberg: an der Mühle von Aiterndorf mit Konglomerat und zwischen Ebersberg und Grafing.

Um Schloß Ölkofen befinden sich eigentümliche Schotterzüge mit plötzlich blind endigenden Tälern und Dolinenformen in einem über 1 km langen und ebenso breiten Gebiete, wo acht Wälle nebeneinander stehen; sie haben die Richtung Süd—Nord, die der Eisbewegung.

Ich halte sie nicht für Drumlins, wie sie Penck in der Gegend schematisch eingezeichnet, sondern für Längsöse oder Öse (Asar) im engeren Sinne, welche allerdings bisher in der Gegend nicht bekannt waren. Aufschlüsse sah ich zwar nicht, aber die Schotter sind gut gerundet im Gegensatz zu denen des Geschiebelehm; ferner spricht die Abwesenheit von Wasserspuren in den geschlossenen Vertiefungen dafür, daß die Wälle durchlässig sind, also nicht aus Geschiebelehm bestehen.

Penck¹ spricht übrigens von aus Schotter bestehenden Drumlins, welche in dem Gebiete neben solchen aus Grundmoränenlehm vorkommen. Offenbar meint er das, was ich für Öse halte.

Auch die zwei äußersten und höchsten Züge der „Jugendmoränen“ muß ich nach den Ergebnissen meiner Beobachtungen als Öse, und zwar als Queröse auffassen, welche trotz des Fehlens der nicht wesentlichen Meeresablagerungen mit dem finnischen Salpausselkäe übereinstimmen. Hier wie dort handelt es sich um hohe Wälle aus geschichteten fluviatilen Ablagerungen und untergeordneten Moränen. Die Übereinstimmung würde erhöht, wenn sich meine Ansicht, daß auch Längsöse vorkommen, bestätigen sollte. Zu genaueren Untersuchungen fehlte mir die Zeit.

Penck erkannte nach der angeführten Stelle gewisse Besonderheiten der Endwälle, seine Annahme über die Entstehung stimmt aber nicht mit den von mir beobachteten Strukturverhältnissen überein.

Am Ende des jungen Inngletschers entwickelt sich also der Übergangskegel gar nicht aus eigentlichen Endmoränen heraus, sondern aus nach dem jetzigen Stande der Ansichten subglazialen fluviatilen Aufschüttungen.

¹ Die Alpen im Eiszeitalter, 190.

2. Ursache der Aufschüttung.

Die Ursache der Aufschüttung kann nur in der Insuffizienz der Transportkraft des Flusses $\frac{m v^2}{2}$ liegen, wobei „m“ die Wassermasse und „v“ die Wassergeschwindigkeit bedeutet. Diese Insuffizienz kann verschiedene Ursachen haben. Die nächstliegende allgemeine Ursache ist das Eintreten eines Minus an Transportkraft im Verhältnisse zu einem räumlich oder zeitlich vorausgehenden Zustande.

Jeder Fluß muß sein Bett so gestalten, daß die Geschiebelast befördert werden kann. Ist die Bettneigung dazu zu gering, erhöht der Fluß sein Bett durch nach unten an Mächtigkeit abnehmende Aufschüttung. Die geringere Stromgeschwindigkeit im Unterlaufe wird durch die größere Wassermasse ausgeglichen. Die meisten Faktoren wirken auf die Geschwindigkeit des Wassers ein. Senkungen des Flußlaufes, seien sie tektonischer oder erosiver Entstehung, können, wenn die Mündung gleicherweise mitgesenkt wird, zu Aufschüttungen im gesenkten Gebiete führen. Diese Erklärung ist von Ampferer¹ für die Aufschüttung der Innalterrassen herangezogen worden.

In seiner letzten Abhandlung über die Innalterrassen erkennt Ampferer, seine früheren Anschauungen verlassend, die Innalterrassen in ihrer Gesamtheit als interglazial, was Penck für ein Stück derselben ausgesprochen hatte. „Es wäre nun sehr verlockend, auch andere Flußgebiete der Alpen auf diese neuen Fragestellungen zu untersuchen“ (Ampferer²). Diese neue Fragestellung habe ich schon im Früh-

¹ Studien über die Innalterrasse. Jahrb. d. geol. Reichsanstalt, 1904. Über die Terrasse von Imst-Tarrenz. J. R. A., 1905. Aus der geologischen Geschichte des Aachensees. Zeitschrift des deutschen und österreichischen Alpenvereines, 1905. Glazialgeologische Beobachtungen im unteren Innale. Verhandl. d. geol. Reichsanstalt, 1907. Glazialgeologische Beobachtungen in der Umgebung von Reutte. Verhandl. d. geol. Reichsanstalt, 1907. Über die Entstehung der Innalterrassen. Zeitschrift für Gletscherkunde, 1908. (Auszug aus folgender Arbeit.) Die Entstehung der Innalterrassen. Zeitschrift für Gletscherkunde, 1908. Glazialgeologische Beobachtungen im unteren Innale. Zeitschrift für Gletscherkunde, 1908. Ampferer, der bis zum Jahre 1908 die Penck-Blaas'sche Eisstauungstheorie vertreten hatte, nimmt von diesem Jahre an Senkungen im Ablagerungsgebiete der Terrassen als Ursache ihrer Anschüttung an, ohne andere Erklärungsmöglichkeiten zu berücksichtigen.

² Zeitschrift für Gletscherkunde, III, 1908/09, S. 147 (ausgegeben Ende Dezember 1908); der Beginn des Artikels, in dessen Einleitung Ampferer schon sagt, daß die Terrassensedimente infolge von Gefällsänderungen der Alpen und ihres Vorlandes aufgeschüttet worden seien, erschien Oktober 1908. Von der interglazialen Entstehung der Aufschüttung ist hier noch keine Rede.

jahre 1908¹ (auch unter Bezugnahme auf Ampferers Beobachtungen im Inntal und mit deren Umdeutung) und Jahre vorher in meinen Vorlesungen erhoben und dahin beantwortet, daß die Flußanschüttungen nicht glazial, sondern prä-, inter- und postglazial seien. Ampferers tektonische Stauungshypothese, nach welcher (S. 135) „umfangreiche Gefällsverminderungen im Inngebiete mächtige Aufspeicherungen an See-, Bach- und Fluß-Sedimenten erzwungen haben“, langt selbst für das Inngebiet, für welches sie zunächst aufgestellt wurde, nicht; denn eine tektonische Gefällsverminderung könnte nur infolge einer, sei es durch Hebung, sei es durch Senkung verursachten Rückneigung des Inntalgebietes entstanden sein. Nun zeigt aber auch das westöstlich gerichtete Donautal, in welches das südnördliche Inntal mündet, mächtige Aufschüttungen. Die ursprungwärts zunehmende Mächtigkeit der Flußanschüttungen verbietet ihre etwaige Herleitung für den Inn aus Stauung durch den anschüttenden Hauptfluß, abgesehen von der Unzulänglichkeit der Stauweite. Für den Inn widerlegt sich Ampferers Hypothese auch durch die Kontinuität der Anschüttung in verschiedenen gerichteten Flußstrecken (westöstlich bei Innsbruck, nordsüdlich zwischen Kufstein und Wasserburg). Eine Beziehung zwischen Flußrichtung und nachträglicher Bodenbewegung wird man doch nicht annehmen wollen.

Zur allgemeinen Anwendung ist die tektonische Stauungshypothese aber ungeeignet, denn selbst entgegengerichtete benachbarte Täler verschiedener Flußsysteme, wie die der Moldau und der March, zeigen die Aufschüttungserscheinungen. Gegen die Hypothese spricht ferner die Allgemeinheit der Erscheinungen auf der Erde.

Hebungen im Unterlaufe führen zu Aufschüttungen im Oberlaufe, wenn auch nur vorübergehend bis zur Vollendung der Erosion des gehemmten Stückes. Ein Steigen des Meeres an der Flußmündung verursacht Aufschüttung bis in eine gewisse Entfernung von der Mündung. Die Baustufen damit zu erklären, wie dies namentlich Schaffer versucht hat, geht aber nicht an; denn sowohl der Betrag der Anhäufung als der der Eintiefung ist in den Baustufen umso größer, je mündungsferner die bezügliche Talstrecke ist. Bei Verursachung durch Schwankungen des Meeresspiegels müßten beide im Gegenteile meerwärts zunehmen. Brückner² hat diesen Einwand bereits erhoben, indem er sagt, daß bei Verschiebung der Erosionsbasis eine Abnahme der Höhendifferenz der Terrassen flußaufwärts die Folge sein müsse. Brückners Erklärung der Aufschüttung als Folge einer Ermäßigung

¹ V. Hilber, Bildungszeiten der Flußbaustufen, Geogr. Anzeiger, IX, 1908, S. 123, ausgegeben 29. Mai 1908.

² Alpen im Eiszeitalter, 463.

der Sohlenneigung, hervorgerufen durch Gletschererosion, würde nur auf die Aufschüttungen in den alten Gletscherbetten passen. Die Aufschüttungen gehen aber in den vereist gewesenen Tälern weit über die von den Gletschern besetzt gewesenen Gebiete hinaus und finden sich auch in großer Regelmäßigkeit in nicht vereist gewesenen Tälern.

Ein noch kaum gewürdigter Faktor der Anschüttung ist die Laufverlängerung im Unterlaufe. Eine solche kommt im Gefolge der Talverbreiterung zustande. Das breitere Tal erlaubt dem Flusse das Wandern, die Folge ist eine Verlängerung des Flußlaufes bei gleicher Höhenlage zweier Punkte, deren Luftabstand sich nicht verändert. Dadurch entsteht eine Gefällsverminderung, weiters eine Schwächung der Transportkraft, endlich Aufschüttung¹. Gefällsvermindernd wirkt ferner die horizontale Meerwärtsverschiebung der Strandlinie durch Deltabildung, weil die Mündungsstelle hinausrückt. Landhebung oder Flußlaufstreckung im Oberlaufe führen zu Anschüttungen im Unterlaufe, weil durch beide Vorgänge die Transportkraft im Oberlaufe vermehrt wird, während sie im Unterlaufe gleich bleibt. Auch Dezentration des Querschnittes muß wegen der damit verbundenen Schwächung zur Aufschüttung führen.

Eine andere Ursache der Aufschüttungen sind Stauungen des Wassers durch Riegel (Bergsturmassen, Moränen, Eis)². Eine weitere Ursache der Aufschüttungen wird in der Überlastung des Flusses gefunden. Penck erklärt die nach ihm eiszeitlichen Schotteranhäufungen in den Alpentälern dadurch, daß den Flüssen durch die Gletscher mehr Transportmaterial übergeben wurde, als die Flüsse zu befördern vermochten. Eine Hauptstütze für diese Ansicht könnte man in der von Penck 1883³ angegebenen Tatsache finden, daß nur in den vereist gewesenen Pyrenäentälern Schotterterrassen vorkommen, während andere nur Felsterrassen besitzen. Da aber viele eisfrei gebliebene Täler (Frankreich, Belgien, Niederungen Mittel-Europas), Baustufen tragen, kann diesem Umstande keine Bedeutung beigemessen werden. Falls man das Fehlen der Gletscher in den bezüglichen Pyrenäentälern auf das Fehlen der Niederschlagsvermehrung zurückführen könnte, würde

¹ Mit der Entwicklung des Flusses tritt ein Gegenfaktor, die Vermehrung der Wassermenge durch Vergrößerung des Flußgebietes in Wirksamkeit.

² Grupe O, Zur Frage der Terrassenbildungen im mittleren Flußgebiete der Weser und Leine und ihrer Altersbeziehungen zu den Eiszeiten, Monatsberichte der deutschen geol. Gesellschaft, 1909, 470. nimmt in Abänderung von Kokens Annahme einer Stauwirkung durch Inlandeis bloß Verringerung der Transportkraft durch Stauung an.

³ Böhm, Jahrb. d. geol. Reichsanstalt, 1885, hat wohl aus dieser Quelle geschöpft.

sich die Erklärung für das Fehlen der Schotter von selbst ergeben; da die Eintiefungen in den Eiszeiten fehlten, mußte auch die Kompensation durch Aufschotterung ausbleiben.

Auf eine andere mögliche Ursache bin ich durch Herrn Professor Philipp Forchheimer¹ aufmerksam gemacht worden. Auch ohne Vermehrung der Geschiebelast kann der Fluß sein Geschiebe nicht bewältigen, wenn es von einer bestimmten Stelle an zu grob ist. Auf die Wirkung der „Geschiebsvergrößerung“ hat Sternberg² zuerst aufmerksam gemacht. Eine solche Geschiebsvergrößerung kann an Talriegeln und Talsporen eintreten. Sie kann auch die Ursache der Bildung des Übergangskegels im Anschlusse an Moränen sein. Ebenso kann Geschiebsvergrößerung durch einen Zufluß verursacht sein. Während die Geschiebe im allgemeinen durch Abreibung flußabwärts kleiner werden und die Größe der wandernden Geschiebe an jeder Stelle der Stoßkraft des Flusses entspricht, kommt es in den genannten Fällen zur Übergabe von für die Stoßkraft zu großen Geschieben an den Fluß.

Die genannten Faktoren sind teils dem Betrage nach ungenügend, teils, und das ist der Haupteinwand, können sie die Allgemeinheit der Erscheinung nicht erklären. Flußbaustufen kommen auf allen Festländern als regelmäßige Erscheinung vor, und zwar sowohl im Gebirge als in den Ebenen. Aus diesem Grunde sind vor allem Senkungstheorien unzureichend.

Schon Tietze³ hat auf die mögliche Beteiligung klimatischer Faktoren an der Terrassenbildung hingewiesen: „Ob nicht die Annahme einer derartigen Aufeinanderfolge graduell wechselnder klimatischer Bedingungen für die Beleuchtung unserer Frage Bedeutung gewinnen kann“. Näher spricht er sich darüber nicht aus.

Auch Neumayr⁴ hat die Unzulänglichkeit der bestehenden Terrassentheorien erkannt und sich folgendermaßen geäußert: „Es bleibt somit immerhin am wahrscheinlichsten, daß das Hauptgewicht auf klimatische Änderungen gelegt werden muß, und daß namentlich mannigfache Schwankungen der Regenmengen während und nach der Eiszeit von großem Einflusse auf die Terrassenbildung waren“. Ob er sich die Terrassen in Zeiten größerer oder geringerer Wassermengen aufgeschüttet dachte, darüber hat er sich nicht geäußert.

¹ Genanntem Herrn habe ich auch für Unterstützung mit hydrotechnischer Literatur zu danken.

² Vergleiche Forchheimer, Hydraulik. Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften, 1906.

³ Jahrb. d. geol. Reichsanstalt, 1882, 727.

⁴ Erdgeschichte, 1. Auflage, 1886, 465.

Uhlig¹ hat diese Lücke in der zweiten Auflage des Neumayr'schen Werkes ausgefüllt: „Die jedesmalige Verschlechterung des Klimas mit ihren vermehrten Niederschlägen, besonders aber die großen Wassermassen der abschmelzenden Gletscher, bewirkten die mächtigen Aufschüttungen der diluvialen Terrassen in den verwilderten Flußbetten, worauf in den interglazialen Perioden die tiefere Lagerung der Erosionskanäle erfolgte“. Uhlig nimmt also in Widerspruch mit den Gesetzen der Flußarbeit als Folge stärkerer Transportkraft Aufschüttung an.

Einer eigentümlichen Anschauung begegnen wir auch bei Böhm²: „Wo früher abgelagert wurde, wird eine Vermehrung der Wassermenge eine absolute Vermehrung der Ablagerung bedingen und wo ansonst erodiert wurde . . . ebenso eine Verstärkung der Erosion . . . Es kann infolge einer bloßen Veränderung der Wassermasse nicht dort, wo früher Erosion erfolgte, nunmehr abgelagert werden“.

Uhligs und Böhms Ansichten stehen Theorie und Erfahrung entgegen.

Eine ungewöhnliche Erklärung spricht Lapparent³ aus: „Während der Eiszeiten war die Gebirgsgegend durch die Eislast gesenkt, dadurch entstand Tieferlegung der Quellen und im Gefolge Schwächung ihrer Kraft, also Ablagerung. Während der Zwischeneiszeiten stiegen die Quellgebiete auf und die Flüsse erodierten oder richtiger: räumten aus“. Dagegen spricht die Gleichsinnigkeit der Erscheinungen sowohl in vergletschert gewesenen als in unvergletschert gebliebenen Gebieten.

J. v. Wagner⁴ sagt (p. 25): „In der Niederung haben die Flüsse früher auf längere Zeit im Jahre Mittel- und Übermittel-Wasserstand gehabt und konnten weitertransportieren. Jetzt herrschen Extreme, kurze Hochfluten, darnach Niederwasser mit Betterhöhung. An der Oker, Spree, Bode ist Verbreiterung des Bettes und Sohlen-erhöhung eingetreten“.

Lavale und Rapp⁵ nennen unter den Gleichgewichtsbedingungen der Ströme: Materialablagerung bei Niederwasser mit Fortschaffung bei Hochwasser und sagen p. 41: Bei Wasserverminderung ist eine Gefällsvermehrung die sichere Folge. Der Fluß vermag infolge der Schwächung

¹ Erdgeschichte, 2. Auflage, 1895, 518.

² Die alten Gletscher der Enns und Steyr. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt, 1885, 485.

³ Traité de géologie, 1634.

⁴ Hydrolog. Untersuchungen an der Weser, Elbe, dem Rhein und mehreren kleinen Flüssen. Braunschweig, 1881.

⁵ Unsere natürlichen Wasserläufe. Weilheim, 1883.

sein Geschiebe nicht mehr zu bewältigen. Er lagert es ab und vergrößert auf diese Weise von oben nach unten solange sein Gefälle, bis die Wassergeschwindigkeit eine Größe erreicht hat, bei welcher das Geschiebe wieder in Bewegung gerät. Bei Wasserzufuhr findet Eingraben und Gefällsverminderung statt.

Salis¹ bespricht einen Fall der Aufschüttung durch Geschieb vermehrung seitens der in den Hinterrhein mündenden Nolla. Durch das Hochwasser von 1868 entstand eine Betterhöhung von 3 *m*. Hier ist offenbar die Differenz der Stoßkräfte des stark strömenden Seitenflusses gegenüber dem Hauptflusse die Ursache der Anschüttung.

Christen² beantwortet die Frage: „Wann erhöht sich ein Flußbett?“ allgemein: „Wenn im oberen Teile . . . mehr Geschiebe zu als im unteren abströmt“.

In allgemein wirkenden Faktoren müssen wir nach dem Gesagten die Ursache der Anschüttung (und der Eintiefung) suchen. Wir finden sie in Änderung der Wassermenge, hervorgerufen durch Änderung der Niederschlagsmenge. Eine wichtige Stütze findet diese Anschauung in dem Nachweise Brückners, daß ein Parallelismus zwischen dem Vorrücken der Gletscher und dem Anschwellen der Seen besteht.

3. Ursache der Flurbildung.

Wie bereits erwähnt, genügt der Aufschüttungsvorgang um die Bildung der Fluren zu erklären. Den etwaigen Anteil der Erosion an der Flurbildung zu bestimmen, ist noch nicht möglich. Zu erklären ist ferner das seitliche Ansteigen der Fluren gegen die Talränder. Du Pasquier (p. 39) findet „alles darauf angelegt, den Innenrand der Terrassen zu erhöhen und den Außenrand tiefer zu legen“. Er denkt offenbar an nachträgliche Anschwemmungen innen und Abschwemmungen außen. Anschwemmungen lassen sich feststellen. Unterhalb Peggau (Graz N) sah ich auf den linken Murofer eine mächtige Ablagerung von Lehm mit Kalktrümmern des Gehänges über dem Murschotter. Über dem Terrassenschotter der Mur liegen ferner zwischen Eggenberg und Gösting bei Graz mächtige Lehme, deren Entstehungsart allerdings erst zu erklären ist. Die Frage scheint immerhin noch einiger Klärung zu bedürfen. Wegen des seitlichen Ansteigens können die zu der gleichen Stufe gehörigen Flurstücke zu beiden Seiten des Flusses in verschiedenen Höhen liegen.

¹ Das schweizerische Wasserbauwesen. Bern, 1883.

² Die Geschiebeführung der Flußläufe. Zeitschrift für praktische Geologie, 1906.

4. Zeit der Aufschüttung.

Hinsichtlich der geologischen Zeit kennen wir Flußanschüttungen in großem Maßstabe aus dem Pliozän in den sogenannten Belvedere-schottern. Auch ein pliozänes Alter des älteren Deckenschotter wird mehrfach angenommen. Dagegen wendet sich Penck¹ mit unhaltbaren Gründen. Er meint, das Vorkommen von *Helix hispida*, *Pupa muscorum* und *Succinea oblonga* in Lehmnestern des älteren Deckenschotter beweise dessen diluviales Alter. Nun sind diese drei Schneckenarten allerdings die häufigsten Lößkonchylien; die zwei ersten kommen aber² schon im Red Crag, die letzte im Norvich Crag³, alle drei mit dem im Pliozän aussterbenden *Mastodon Arvernensis* vor. Wohl aber muß die Schnecken-fauna von Altenberg bei Basel mit Gutzwiller und Brückner⁴ als diluvial erklärt werden. Die bezüglichlichen Schotter, welche Gutzwiller als Hochterrassen bestimmt hatte, erklärt Brückner für ältere Decken-schotter. Auch nach den drei sicher diluvialen Schotterstufen: jüngerer Decken-, Hochterrassen- und Niederterrassen-Schotter hat noch eine, in das Alluvium fallende Aufschotterung stattgefunden, sodaß wir seit dem Eintritte des Meeres in seine ungefähr heutigen Grenzen mindestens sechs Aufschotterungen unterscheiden können.

An die diluvialen Schotterstufen knüpft sich noch die Frage nach der engeren Begrenzung der Aufschüttungszeit: glazial, interglazial oder Übergangszeit und in diesem letzteren Falle wieder Wachsen oder Schwinden der Vereisung? Die Hauptkennzeichen für das Alter der Schotter haben Penck und andere Forscher in der Verbindung von Endmoränen und Flußschotter gesucht. Aus dem Vorhandensein von Moränenmaterial in den Flußschottern folgt, daß die Baustufen in diesen Fällen nicht früher entstanden sind als die Moränen. Die Gleichzeitigkeit folgt, wie früher dargetan, daraus nicht. Penck⁵ und Böhm⁶ haben als nähere Aufschüttungszeit die des Herannahens der Vergletscherung angenommen. Der erstgenannte wurde durch die Verbindung von Moränen und Stufen bestimmt, die Aufschüttung für glazial zu erklären. Blaas⁷ hat die Aufschüttung als während des Rückzuges der Gletscher entstanden angenommen. Das würde sich mit unseren theoretisch gewonnenen Ergebnissen vereinen lassen; denn mit dem Rückzug der

¹ Penck und Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter, 1892.

² Sandberger, Land- und Süßwasserkonchylien der Vorwelt, 732.

³ Ebenda 733.

⁴ Die Alpen im Eiszeitalter, 466.

⁵ Die Vergletscherung der deutschen Alpen, 1882, S. 155.

⁶ Jahrb. d. geol. Reichsanstalt, 1885.

⁷ Zeitschrift des Ferdinandeums, Innsbruck 1885.

Gletscher mußte die Wasserabnahme in den Flüssen beginnen, wenn die Glazialzeiten Zeiten stärkerer Niederschläge waren als die Interglazialzeiten. Kayser¹ hält allerdings die Interglazialzeiten als Abschmelzperioden für Zeiten starker Erosion. In Hinblick auf die Dauer der Zwischenzeiten muß aber das Abschmelzen verhältnismäßig kurze Zeit gedauert haben.

Nach Pencks neuerer Anschauung sind die Schotterstufen der Alpentäler in der Regel während des Meistbetrages der Vereisung angestiegen. Als ausnahmsweise während des Schwindens der Vereisung gebildet, werden von ihm die Arbesberger Nagelflue bei Landl an der Enns² und die Inntalterrasse³ (als in einem Stausee während der Achenschwankung aufgeschüttet) angeführt. Die Begründung des zeitlichen Zusammenhanges zwischen Gletschern und Stufen liegt nach Penck in der Verzahnung von Schotter und Moräne, ferner in der Gleichzahl der Moränen und der Schotterstufen. An den heutigen Alpengletschern finden wir eine derartige Beziehung zwischen Schotter und Moräne nicht. Der Gletscherbach erodiert. Nach Heim⁴ wirken Gletscher ausgleichend auf den Abfluß und nach Salis (in Kreuter und Sonne) sind Gletscher auf die Aufspeicherung des Niederschlages und den Abfluß von günstigem Einflusse. Ausgeglichenen Abfluß wirkt aber nach den Erfahrungen an den heutigen Flüssen transportfördernd. Wagner⁵ sagt: „In den Niederungen haben die Flüsse früher auf längere Zeit im Jahre Mittel- und Übermittel-Wasserstand gehabt und konnten weitertransportieren. Jetzt herrschen Extreme, kurze Hochfluten, darnach Niederwasser, wodurch eine Sohlenerhöhung eintritt“.

Da es ferner nach Brückners Feststellungen über die Gleichzeitigkeit des Wachstums der Seen und der Gletscher sicher ist, daß während der größten Ausdehnung der Gletscher die stärkste Niederschlagsmenge herrschte, muß die Wassermenge der Flüsse damals am größten gewesen sein. Auch das wirkt transportfördernd. Die Beobachtungen an den heutigen Alpengletschern und theoretische Erwägungen sprechen gegen das Zusammenfallen der größten Gletscherausdehnung mit der Schotteranhäufung. Unerklärt bleibt auch bei Zugrundelegung der Penck'schen Anschauung, daß Schotterstufen talaufwärts von den zugehörigen Endmoränen liegen, wie bereits erwähnt. Thoroddsen

¹ Geologie, 2. Auflage, S. 510.

² Penck und Brückner, S. 227.

³ Penck und Brückner, S. 333.

⁴ Gletscherkunde.

⁵ J. v. Wagner, hydrolog. Untersuchungen an der Weser, Elbe, dem Rhein und mehreren kleineren Flüssen. Braunschweig, 1881.

hingegen beobachtet an den Islandgletschern den Anschluß von Schotteranhäufungen (Sandr) an Moränen. — Nach Rekstad¹ liegen nach den Enden der norwegischen Talgletscher große Kies- und Sandebenen mit mäandrischen Gletscherflüssen.

Die Notwendigkeit des unmittelbaren Zusammenhanges von Baustufen und Gletschern widerlegen wiederum die Stufen in gletscherfrei gebliebenen Gebieten, wie im untersteirischen Hügellande, wo die Baustufen weit in die Täler der Hügellande hineinragen.²

Von größtem Gewichte in dieser Frage würden Funde pflanzlicher und tierischer sowie Kulturreste in den Schottern der Stufen sein, wie in der interglazialen Terrasse von Villefranche.

In der siebenten Lieferung von Penck und Brückner: Die Alpen im Eiszeitalter, 670, schränkt Penck seine bisherigen Ansichten wesentlich ein. Der Satz: „Nicht allenthalben erfolgte während der Eiszeit die Schotteraufschüttung, sondern nur in den vom Eise betretenen Tälern“ folgt allerdings aus der vom ihm früher gemachten, aber jetzt aufgegebenen Annahme einer Überlastung der Flüsse durch Gletschergeschiebe als Ursache der Anschüttung. Aber er unterscheidet weiters interglaziale Aufschüttungen vor und hinter den Moränen, „welche bei fortschreitender Talbildung Terrassenform annehmen können. Wir müssen uns daher hüten, wie wir es früher selbst getan haben, die Schotterterrassen im allgemeinen als Zeugen einer Eiszeit zu betrachten.“ Auf Seite 669 steht allerdings ein Satz, welcher interglaziale Schotter nur als Ausnahme gelten läßt: „Sonst sind es die Eiszeiten, welche sich durch eine Verschüttung der Täler kennzeichnen; in diesem Falle (Villefranche) ist es die Interglazialzeit“. Was die Überlastungstheorie Pencks betrifft, so erscheinen ihm jetzt, wie schon erwähnt, „die fluvioglazialen, also eiszeitlichen Anschüttungen als die Beseitigung von Gefällsbrüchen, die zwischen Gletscheroberfläche und Talsohle entstehen“. Dieser Meinung kann ich mich, wie später näher ausgeführt, nicht anschließen. Floß der Gletscherbach abweichend von unseren heutigen Alpengletschern auf der Eisoberfläche, dann traten an der Eisgrenze Verhältnisse ein wie unter den Wasserfällen, welche keine Ablagerung bedingen. Floß der Bach unter dem Eise, so war der Gefällsbruch zwischen Eisoberfläche und Talsohle wirkungslos.

Von Penck sind in den folgenden Teilen seines mit Brückner unternommenen großen Werkes, abweichend von seinen früheren An-

¹ Rekstad, Braer i Sogn of Nordfjord. N. U. G., Aarborg, 1902, Nr. 3 (cit. nach Geinitz).

² Dreger, Erläuterungen zur geologischen Karte der öst.-ung. Monarchie, SW-Gruppe, N 86. Pettau, Vinica.

sichten, interglaziale Schotterstufen in ausgedehntem Maße angenommen worden¹. Sogar interglaziale Terrassen können sich an das obere und untere Ende von Moränen anschließen, was Penck durch eine Zeichnung beleuchtet. Hier war ihm also die Verbindung von Moränen und Stufen, auf welche er früher so viel Gewicht gelegt, nicht mehr maßgebend. „Ja, wie weit solche interglaziale Schotterterrassen außerhalb der Gletschergebiete vorkommen, wird sich erst durch eine genaue Verfolgung der Flußterrassen unserer großen Flüsse zeigen.“ In den folgenden Ausführungen Pencks sind denn auch mehrfach Schotter als interglazial bezeichnet. Auf Seite 1111 (Herbst 1908) ist die große Erstreckung der Schotter von Förderlach (150 *km* weit) als Grund für die Annahme ihrer interglazialen Natur bezeichnet. Dieses Kriterium würde ein interglaziales Alter der Schotter aller unserer größeren Alpenflüsse bedeuten. Ja, 1910² sind schon, „nach der allgemeinen Erfahrung, die übertieften Täler der Schauplatz mächtiger Talzuschüttungen gewesen“.

Eine Inkonsequenz ist aber bei diesen Wandlungen der Penckschen Ansichten stehen geblieben: er zählt und nennt die alpinen Eiszeiten noch immer nach den Schotterterrassen.

Meine im Frühjahr 1908 und Ampferers im Herbst 1908 veröffentlichten Ansichten sind wohl nicht ohne Einfluß auf Pencks gründliche Anschauungs-Änderungen gewesen, obwohl er weder meine noch Ampferers Abhandlung erwähnt.

Hier muß ich auch der Einwendungen gedenken, welche Herr Professor Brückner gegen meine Ableitung (l. c.), daß die Baustufen nicht glazialen Alters seien, vorgebracht hat. Ich hatte meine Ausführungen in folgende Sätze gefaßt, die der Reihe nach mit den Gegenbemerkungen Brückners³ und meiner Stellungnahme hiezu folgen:

1. Hilber:

Das Terrassenphänomen greift räumlich (Belgien, Frankreich) und zeitlich (Pliozän, Alluvium) über die Eiszeiten hinaus.⁴

Brückner:

Es ist gar keine Frage, daß eine Akkumulation von Flußschotter durch verschiedene Ursachen hervorgerufen werden kann. Das Auftreten von quartären

¹ Die Alpen im Eiszeitalter, 670, 1110.

² Penck A., Die interglazialen Seen von Salzburg. Zeitschrift für Gletscherkunde, 1910, 95.

³ Zeitschrift für Gletscherkunde, 1910, S. 304 f.

⁴ Seither habe ich eine Stelle in L'Apparent, Traité de géologie, S. 1633, gefunden, in welcher es heißt, daß die Terrassen nicht ausschließlich Glazialwirkungen sein können, weil sie auch in nicht vergletschert gewesenen Tälern vorkommen.

Flußschottern in Form von Terrassen in Belgien und Frankreich, also in Gegenden, die nicht vergletschert gewesen sind, dann auch das Vorkommen von pliozänen Aufschüttungen, also aus einer Zeit, wo keine Vergletscherung bestand, besagt gar nichts gegen die glaziale Entstehung der Schotterterrassen an den Endmoränen. Um diese allein handelt es sich hier.

Hier habe ich zunächst zu bemerken, daß es sich mir nicht etwa um die kleinen Stufenstücke an manchen Endmoränen handelt, welche wegen ihrer starken Böschung nicht in die Gefällskurve der Bauflur passen, den „Übergangskegel“. Hat Herr Professor Brückner diesen allein im Auge, wie es nach dem Wortlaute im Schlußsatze scheint, dann beweist er etwas, was ich von Anfang an nicht bestritten habe. Mir handelt es sich um die Auffassung der Stufen als allgemeine Erscheinung auf der Erde. Bei dieser Auffassung sind die Schotterstufen in nicht vergletschert gewesenen Ländern und in unseren Gegenden aus den Zeiten vor und nach den Vergletscherungen ein Beweis, daß zur Erklärung der Aufschotterung die Gletscher nicht nötig sind, daß ferner nachweislich ein großer Teil der Schotter durch andere Ursachen als die Gletscher zustande gekommen ist. Am Schlusse seiner Ausführungen bemerkt Herr Professor Brückner allerdings: „Ich möchte kurz zusammenfassen, daß nach der ganzen Summe von Beobachtungen im Bereiche der Alpen Zweifel am glazialen Ursprunge des Niederterrassenschotters, des Hochterrassenschotters, des jüngeren und des älteren Deckenschotters ausgeschlossen scheinen“. Die Betonung dieses Standpunktes, den bekanntlich sein Arbeitsgenosse Penck nicht mehr einnimmt, erlaubt es mir erst, die Möglichkeit auszuschließen, daß Herr Professor Brückner und ich verschiedene Dinge betrachten, er etwa nur die Schotter an den Endmoränen, ich die Längsstufen in ihrer Gänze.

Es hieße den Wert der vergleichenden Methode der Erdkunde leugnen, wenn man sich dem Brückner'schen Gedankengang anschliesse, daß die Terrassen aus anderen Zeiten als den Eiszeiten und in nicht vergletschert gewesenen Gebieten nichts gegen die glaziale Entstehung der Terrassen unter den Endmoränen besagen.

2. Hilber:

Die Aufschotterung vor den Endmoränen ist ohne gleichzeitige Erhöhung der Talsohle hinter den Moränen unmöglich; denn sonst hätten die Geschiebe in einem Flusse von außerordentlicher Tiefe schwimmen müssen. (Ein auf dem Eise ankommender Wasserstrom hätte unter der Moräne auskolken müssen, nicht aufschütten können.) Das Fehlen der Schotterkörper hinter den Endmoränen ist also kein ursprüngliches.

Brückner:

Die Aufschotterung vor den Endmoränen konnte ohne weiteres erfolgen, da ja die Talsohle hinter den Endmoränen durch den Körper des Gletschers

selbst erhöht war. Die betreffenden Geschiebe „schwammen“, wenn man will, zwar nicht im Wasser, so doch im Eis zur Endmoräne heran. Die den Gletschern entströmenden Wassermassen haben am Gletscherende gewiß nicht auskolken können, sondern mußten akkumulieren; denn am Ende des Gletschers liegt ein Gefällsbruch vor: Die Gletscheroberfläche, auf der das Wasser floß, war etwas steiler geneigt als die Schotterfläche weiter unterhalb, sodaß also im Bereiche der Endmoräne sich das Gefälle des Wasserstromes verringerte. Somit lagen hier die Bedingungen zu einer lebhaften Akkumulation vor. Das zeigen zahlreiche heutige Gletscher der Alpen. Nur da, wo heute ein Gletscher über einer Stufe endet, finden wir ein Auskolken durch den Gletscherstrom am Gletscherende.

Im „Geographischen Anzeiger“ hatte ich außer der Erhöhung der Talsohle als zweite Möglichkeit das Vorhandensein eines Sees oder der Moräne angenommen. Diese Möglichkeit fällt weg, da der Seeabfluß keine Geschiebe führen konnte.

Wie Brückner spricht auch Penck von einem Gefällsbruch.¹ Mit dieser so ganz nebenbei gegebenen Erklärung der Aufschotterung entstehen notwendige Folgerungen, welche einer Prüfung nicht standhalten. Nach der Auffassung der zwei genannten Forscher wären also die Flüsse, welche die Baustufen erzeugten, zunächst auf der Gletscheroberfläche geflossen und hätten dann, um den Gefällsbruch zwischen der Eis- und der Felsoberfläche auszugleichen, aufgeschüttet. In Anbetracht der großen Mächtigkeit des Eises im Verhältnis zur Höhe der Stufen wäre dieser Ausgleich jedenfalls sehr unvollkommen gelungen. Ferner würde ein solches Ausgleichbestreben nicht Aufschüttungen erklären, die sich auf Hunderte von Kilometern erstrecken. Würden ferner die Gefällsbrüche nach abwärts durch Aufschotterung beseitigt werden, wäre das Rückwärtswachsen der Täler unmöglich. Dessen Bedingung ist ja die Beseitigung der Gefällsbrüche des stark geneigten (hinteren) Teiles durch Erosion, nicht aber durch Aufschüttung des schwächer geneigten (vorderen) Teiles. Der beste Beweis gegen Penck und Brückner ist die Tatsache, daß die Gefällsbrüche in vielen Tälern im Bereich der Flußrinnen durch Erosion und nicht durch Aufschotterung beseitigt sind, während sie daneben bestehen blieben.

Helland² berichtet zum erstenmale von Flüssen auf dem Eise, die „nach verschiedenen Richtungen fließen, manchmal zu breit um leicht überschritten zu werden“.

Drygalski³ sagt: „Einen langen Lauf haben die Inlandeisbäche nicht, wie es schon Nordenskiöld und J. A. D. Jensen hervor-

¹ Die Alpen im Eiszeitalter, 18, 670.

² Helland, On the Ice-Fjords of North Greenland. The quarterly journal of the geological Society of London, 1877.

³ Drygalski, Grönland-Expedition. Berlin, 1897, 2. Band, p. 92.

heben, indem sie bald in einer Spalte verschwinden oder in einer Gletschermühle wirbelnd in die Tiefe hinabstürzen“.

„Außer in einem schmalen Streifen der Randzonen gab es auf dem ganzen mittleren Teile des Inlandeises auf Nansens Route keine Seen, keine Bäche, keine Spalten und fast keine Unebenheiten.“¹ Ein geschiebebeladener Fluß auf dem Eise könnte also nur als eine große Ausnahme beobachtet worden sein und solche große Ausnahmen müßten in diesem Falle auch unsere Schotterstufen sein, wenn Brückner und Penck recht hätten.

Sehr wichtig für die Frage ist ferner die Tatsache, daß die isländischen Sandr, welche den Übergangskegeln gleichartig sind und jenen auch gleichgestellt werden², nicht durch schuttführende, auf dem Eise strömende Flüsse entstehen.

Der Satz Brückners: „das zeigen zahlreiche heutige Gletscher der Alpen“ ist wohl kaum so gemeint, daß auf den heutigen Alpengletschern geschiebeführende Flüsse strömen. Und dennoch ist dieser Satz nur unter dieser Voraussetzung verständlich. Ich muß auch hinzufügen, daß die Verhältnisse an dem eiszeitlichen Ende der alpinen Gletscher mit den Verhältnissen an den heutigen Talgletschern (dort waren es ja solche) mehr Ähnlichkeit gehabt haben müssen als mit dem Abbruch des Inlandeises.

Da die Erhöhung der Talsohle durch Aufschotterung allmählig in der ganzen Breite des Flußtales in die Höhe wachsen muß, indem der Fluß stets die tiefste Stelle des Talprofils einzunehmen bestrebt ist, so müßte der ganze Baustoff der Stufen talabwärts von auf dem Eise strömenden, geschiebebeladenen Flüssen herrühren, was ich lediglich als eine der notwendigen Folgerungen aus Brückners Anschauung verzeichnen möchte.

Den Übergangskegel betrachte ich (mit anderen Autoren) als Erzeugnis der Schmelzwässer; die abwärts folgende Baustufe als dem Übergangskegel angelagert. Der äußeren (morphologischen) Fortsetzung der Stufe würde also keine innere (strukturelle) entsprechen.³

3. Hilber:

Die Geschiebe in der Terrasse vor der Judenburger Moräne⁴ sind Flußgeschiebe, nicht Gletschergeschiebe.

¹ Heß, Die Gletscher, 1904, 106.

² Heß, Die Gletscher.

³ Herrn Prof. R. Sieger schulde ich Dank für Unterstützung mit Gletscher-Literatur.

⁴ Auch die allmähliche Vergrößerung der Terrassensedimente in der Judenburger Stufe, welche ich gemeinsam mit Heritsch beobachtete (unten Ton, dann

Brückner:

Die Geschiebe in den Terrassen am Ende der großen Moränengebiete sind keineswegs durchwegs Flußgeschiebe; viele von ihnen zeichnen sich vielmehr durch mangelhafte Rundung aus, obwohl ihre Heimatstätte sehr weit entfernt liegt. Gerade das zeigt deutlich, daß sie durch ein Medium herangetragen worden sein müssen, das sie nicht rollte. Es finden sich allerdings vielfach auch reine Flußgeschiebe in den Schottern; das kann aber nicht wundernehmen, da ja schon auf der Oberfläche der Gletscherzunge, sowie an ihrer Sohle fließendes Wasser in lebhafter Tätigkeit ist, das die Geschiebe abrollt, und da ferner nicht selten auch vorher existierende Flußgeschiebe nachweislich vom Gletscher mit ausgeschürft wurden.

Daß Gletschergeschiebe in den Stufen vorkommen, habe ich schon von vornherein zugegeben¹ und durch die „nacheiszeitliche Aufnahme von Moränenmaterial“ erklärt. In einer in den Steilrand westlich von der Wienerstraße eingeschnittenen Schottergrube zwischen Gösting und Graz kommen meterlange Sandsteinblöcke vor, deren flußaufwärts gelegene nächste Ursprungsstelle 1 km entfernt ist. Sie sind ebenfalls vom Fluß aufgenommen, wie es die Blöcke und gekritzten Geschiebe in den Schottern unter den Moränen sein können. Ich habe übrigens wenig eigene Erfahrungen über die Beschaffenheit der Geschiebe in den Anfängen der Stufen nahe den Moränen und auch in der Literatur finde ich nichts darüber. An die Bedeutung der Geschiebiformen an den Stufenanfängen hat man eben bis jetzt kaum gedacht.

4. Hilber:

Von Felsriegeln² gehen (ebenso wie von den Schuttriegeln der Moränen) Schotterstufen aus.

Brückner:

Wenn unterhalb von Felsriegeln in manchen Fällen Terrassenreste stehen geblieben sind, so führt sich das auf jenen Vorgang zurück, den Professor Hilber überhaupt für die Erhaltung der Terrassenreste verantwortlich machen will, auf Schutz vor lateraler Erosion. Doch geht es nicht ohne weiteres an, Felsriegel mit Endmoränen zu identifizieren, wie dies Steinmann tut. Felsriegel in einst vergletscherten Gebirgen können sehr verschiedener Entstehung sein (vgl. Die Alpen im Eiszeitalter, S. 621). Die Schotterterrassen unterhalb der Felsriegel sind daher für die vorliegende Frage belanglos.

Sand, endlich Schotter, ganz oben Blöcke, deren Transportart allerdings zweifelhaft ist), spricht für meine Ansicht, daß die Ursache der Aufschotterung in der für den Schuttransport zu geringen Wassermasse der Zwischeneiszeiten gelegen hatte: Aufschotterung vermehrt die Bettneigung, mit der stärkeren Bettneigung vergrößert sich das Transportmaterial und damit die Aufschüttung.

¹ Geographischer Anzeiger, 1908, 123.

² Nach Steinmann sind die Riegel durch Gletschererosion am Gletscherende entstanden. Wie erklärt sich aber die Wallform? Ausschürfung im Gletscherbett hätte wie erwähnt nur eine talaufwärts blickende Stufe erzeugen können.

Dazu muß ich bemerken, daß Steinmann nicht Felsriegel mit Endmoränen identifiziert, sondern nur die Endmoränen über den Riegeln entstanden sein läßt. Was die Schlußbemerkung Brückners betrifft, so verweise ich hier auf das, was ich über die Bedeutung der Vergleiche in der Wissenschaft gesagt habe, und was wohl Herr Professor Brückner selbst auch anerkennt.

5. Hilber:

Die Stufen sind häufig hinter den Moränen nur unterbrochen, kommen aber weiter flußaufwärts wieder vor.

Brückner:

Wenn Schotterterrassen auch oberhalb der Endmoränen vorkommen, so sind sie entweder nicht gleich alt wie die Schotterterrassen unterhalb der Endmoränen, oder aber es handelt sich um untere Glazialschotter im Sinne von Penck, die beim Herannahen der Vergletscherung abgelagert und nachher vom Eis überschritten und zum Teile erodiert wurden.

Der Einwand Brückners ist lediglich die Folge seiner von mir bestrittenen Anschauung, demnach für unsere Erörterung belanglos. Ich habe diesbezüglich die Penck'schen Hinweise auf solche Schotter und eigene Anschauungen benützt. Einen strengen Beweis für die Zugehörigkeit der Schotter ober den Moränen zu den sich an diese unten anschließenden bin ich zu führen nicht in der Lage. Ebenso wenig dürfte Herr Professor Brückner seine Behauptung beweisen können. Man müßte zu ermitteln trachten, ob beide Schotterteile zu der gleichen Gefällskurve gehören.

Das Ergebnis unserer allerdings wesentlich theoretischen Ausführungen ist, daß die Gesetze der Flußarbeit für Talanschüttungen in den Zwischeneiszeiten für Ausnagungen in den Eiszeiten sprechen. Mit der Annahme dieses Ergebnisses würde die Penck'sche Zählung und Benennung der Eiszeiten nach Flußschottern wegfallen.

5. Ursache der Hangbildung.

In der Summe überwiegt die Eintiefung der Täler seit dem Beginne der Pliozänzeit über ihre zeitweilige Erhöhung bei weitem. In unserem Beispiel beträgt das Übergewicht der Eintiefung rund 600 *m*. Die Aufschotterungen sind fast gänzlich überwundene Störungen des Eintiefungsvorganges. Da das Überwiegen der Eintiefung auf der ganzen Erde erkennbar ist, kann seine Ursache nur eine allgemein wirkende sein. Deshalb sind alle lokal wirkenden Ursachen abzulehnen. Auch die Aufschüttungen kann man nicht unter die Ursachen der Eintiefungen

rechnen. Sie haben zwar die nachfolgende Eintiefung begünstigt, was ihren Betrag, die relative Tiefe, aber gehemmt, was die erreichte absolute Tiefe anlangt. Bereits Penck¹ hat erklärt, daß Aufschüttung nicht die alleinige Ursache der Erosion sei, da die Vorland-Flüsse in die Unterlage (tertiäre Schichten) einschneiden. Weil lokale Ursache annehmend, ist auch die Ansicht Pencks² abzulehnen, daß in den Zwischeneiszeiten (in welche er bekanntlich die Erosion verlegt) entweder die schuttbringenden Gletscher geschwunden oder durch Seen von unseren Tälern getrennt waren. Auch die Annahme der Hebung des Alpenvorlandes muß, abgesehen davon, daß die Erosion auch in den Alpen selbst gewirkt hat, als lokale Ursache bezeichnet werden.³ Als allgemein wirkende Ursache ist hiegegen die von Supan angegebene zu bezeichnen: nach der isostatischen Theorie⁴ steigen die Festländer wegen ihrer andauernden Erleichterung infolge der Abtragung, was eine Gefällsvermehrung und damit Einschneiden zur Folge haben muß. Diese Theorie hat Lapparent, wie erwähnt, auch auf die glaziale Eisbedeckung angewendet. Sueß, Löwl, Schaffer und andere versuchten die Stufenbildung durch Sinken des Wasserspiegels zu erklären. Wie schon unter den Ursachen der Aufschüttung für diese angegeben, scheitert diese Theorie an der Tatsache, daß das Maß der Erosion meerwärts abnimmt. Hassinger⁵ hat bereits, ohne die erwähnte Begründung zu geben, Bedenken gegen die eustatische Theorie der Stufenbildung geäußert und meint, daß die Übereinstimmung der Stufenabstände in Algier, bei Wien und am Sereth auf Zufall beruhen.

Nach unseren Ausführungen ist die Erosion ein dauernder Vorgang, nur lokal und vorübergehend durch Betterhöhung gestört. Eine Ursache der Erosion kann Isostasie sein (Supan), eine andere, wahrscheinlich die hauptsächliche, muß in der Erweiterung der Flußnetze durch rückschreitende Erosion und dadurch bedingte dauernde Wasserzunahme gelegen haben. Da die Erosion noch jetzt fortschreitet, müssen die die Erosion bedingenden Faktoren das Übergewicht über die Wirkung der großen eiszeitlichen Niederschlagsmengen erlangt haben. Sonst wäre die Erosionsterminante in der Diluvialzeit erreicht worden.

¹ Die Alpen im Eiszeitalter, 121.

² Ebenda, 120.

³ Der gleichen Ursache (Hebung) schreibt K. Wolff (Die Terrassen des Saaletales und die Ursachen ihrer Entstehung, Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde, 18, Stuttgart, 1909) einen hervorragenden Anteil an der Stufenbildung zu.

⁴ Dutton, Bulletin of the Philos. Soc., Washington, 1892.

⁵ Mitt. d. geogr. Ges. Wien, 1905.

6. Zeit der Hangbildung.

Im Sinne der bereits gemachten Erörterungen sind als Erosionszeiten die Gletscherzeiten und die jüngere Alluvialzeit anzusehen. Begonnen muß die Erosion bereits mit dem Herannahen der Vergletscherung haben.

V. Grundstufen.

1. Ursache der Flurbildung.

Die meisten Verfasser betrachten die Fluren der Grundstufen mit Rütimeyer, Heim und Bodmer als Reste alter, durch Flüsse während zeitweiligen Beibehaltens des Talniveaus erzeugter Talböden. Gegen die Annahme zahlreicher Flußterrassen in den Schweizer Tälern wenden sich namentlich Penck und Brückner (Die Alpen im Eiszeitalter). Der erste führt als Gegenbeweis die Querstufen in den Tälern und die schwache Neigung der alten Talböden an (432), während der zweite auch die Senkung der angenommenen alten Talböden gegen die Mitte des Tales zu als Gegenbeweis geltend macht. Er erwähnt auch, daß er sich von der Realität der Talböden Heims und Bodmers bei einem Besuche des Reußtales nicht überzeugen konnte (616), nimmt aber zwei alte Talböden an. Sehr schön ist sein Nachweis der Abhängigkeit der Neigung von der Länge der Stufe (da die Wassermasse mit letzter wächst, S. 615).

Löwl¹ sagt: „In den Ostalpen kennt man ältere Talböden nur in Lagen, deren relative Höhe kaum über 100 m hinausreicht“ (eine leicht widerlegbare Behauptung). Nach einem Besuche des Reußtales findet er, daß die Rütimeyer-Heim-Bodmer'schen Terrassen in jedem beliebigen Niveau vorkommen und sich „durch nichts von den höckerig abgeschliffenen Bergschultern und Hangkuppen unterscheiden, die bei uns zu Lande durch Regenwetter, vorzugsweise aber durch den Schurf der eiszeitlichen Gletscher aus den Talwänden ... herausgedrechselt wurden“. Aepli² hingegen bestätigt das Vorhandensein jener Terrassen.

Was die Querstufen anlangt, so müßte erst nachgewiesen werden, daß sie nicht durch Flußarbeit entstehen; die Neigung gegen die Talmitte, die sich auch an den Baustufen zeigt, ist noch nicht genügend erklärt und kann eben deshalb weder für noch gegen geltend gemacht werden. Beachtenswert ist jedenfalls das Auftreten der Erscheinung an beiden

¹ Verhandl. d. geol. Reichsanstalt, 1894, 469.

² Erosionsterrassen, Beiträge zur geol. Karte der Schweiz, 34, N. F., IX, 1894.

Arten von Stufen. Aus den Tabellen Bodmers¹ geht hervor, daß die älteren Täler im Gebiete der Grundstufen im allgemeinen eine schwächere Neigung hatten als die jüngeren. Ganz entgegengesetzt verhalten sich, wie erwähnt, die Baustufen. Ob eine allgemeine Eigenschaft der Grundstufen vorliegt, läßt sich bei dem zu geringen Studium derselben nicht beurteilen. Penck hat infolgedessen recht, wenn er die Erscheinung als eine nach den Gesetzen der Flußarbeit unerwartete betrachtet. Die Flurbildung aber als Gletscherwirkung zu deuten², scheint nicht anzugehen; denn Du Pasquier berichtet, daß sich die Grundstufen des Reußtales in die Baustufen fortsetzen. Beachten müssen wir schließlich, daß Grund- und Baustufen durch Flußarbeit gebildet sind, aber die ersten durch Erreichen einer zeitweiligen Erosionsterminante nach unten, die letzten durch Erreichen derselben nach oben; die Bildung der Grundstufen bewirkt Gefällsermäßigung, die der Baustufen Gefällssteigerung. Vielleicht liegt hierin die Erklärung für die Verschiedenheit der Neigung.

2. Zeit der Flurbildung.

Sind die Grundstufen durch Flußarbeit gebildet, so können sie nicht in den Glazialzeiten entstanden sein, weil der größte Teil ihres Gebietes von Gletschern bedeckt war. Sie müssen also in diesem Falle interglazial sein. Aus der eben erwähnten Beobachtung Du Pasquiers ergibt sich die Gleichzeitigkeit der Grund- und der Baustufen, setzen sich doch die Baufluren oberhalb des Bereiches der Anschüttung in Grundfluren fort, gehören also beide jeweils zum gleichen Tale. Die Erkenntnis ist zugleich eine Stütze für die schon früher in dieser Arbeit gemachte Annahme eines interglazialen Alters der Baustufenanhäufung.

3. Ursache der Hangbildung.

Sie muß die gleiche sein wie für die Baustufen, die Erosion durch fließendes Wasser. Die Ursache der Erosionssteigerung selbst wird von Heim und Bodmer in Hebungen der Alpen gesucht, welche, verschieden von der Faltung, nach deren Abschluß das Gebirge als Ganzes in die Höhe gerückt hätten.³ Gegen diese Ansicht spricht der

¹ Bodmer, Terrassen und Talstufen der Schweiz. Zürich, 1880, 42.

² Penck, Die Alpen im Eiszeitalter, 432.

³ Heim (Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung, I., 298) spricht übrigens auch von Senkung der Talbildungsbasis gegenüber dem inneren

Umstand, daß sich die Stufen, wenn auch in ihrem Aufbaue wechselnd, in die Ebene hinaus fortsetzen. Nicht nur die Alpen, sondern auch das angrenzende Vorland hätten gehoben werden müssen. Die höchsten Fluren in den Alpen liegen bei 3000 *m* Meereshöhe. Entsprechend dem von Bodmer¹ aufgestellten Satze: „Die früheren Talboden waren höchstens im Niveau der heutigen“ (also vielleicht noch tiefer), müßte der Betrag der Hebung, und zwar sowohl für die Alpen wie für das niedrige Vorland, mindestens 3000 *m* betragen haben. Da nun die höchsten Talböden nicht älter als pliozän sein können, so müßte das jetzt 1000 *m* hohe Vorland zur Pliozänzeit über 2000 *m* unter dem Meeresspiegel gelegen haben. Da dies nicht der Fall war, kann die Hebungstheorie nicht angenommen werden. Noch ein anderer Umstand spricht gegen diese Theorie. Bodmer erwähnt selbst, daß in kleinen Flußgebieten das Gefälle der Terrassen größer ist als in großen. Wäre das Einschneiden in die alten Fluren nun durch Hebung erfolgt, so müßte unter sonst gleich bleibenden Bedingungen ein mit dem ursprünglichen vollkommen paralleler neuer Talboden in dem Niveau des früheren entstanden sein.

Die Veranlassung zum Einschneiden suche ich in den Änderungen des Faktors Wassermenge zunächst durch Niederschlagsvermehrung. Dazu muß die Vermehrung der Wassermenge gerechnet werden, welche durch die Entwicklung des Flußnetzes normaler Weise und durch Vermehrung der Niederschlagsmenge erfolgte. Jene Entwicklung hat sicher einen hervorragenden, bisher nicht gewürdigten Anteil an der fortwährend tieferen Lagerung der Talwege seit der Pliozänzeit.

In einer etwaigen Senkung des Meeresspiegels (Löwl) kann die Ursache aus den bei Besprechung der Baustufen geltend gemachten Gründen nicht gefunden werden. Hier haben wir noch einer Äußerung Löwls² zu gedenken: „Somit haben wir die Ursache, welche dem Terrassenbau der meisten Hochtäler zugrunde liegen dürfte, gefunden. Es ist dieselbe, die noch jetzt unter unseren Augen zur Entstehung von Seebecken Anlaß gibt. Es sind Bergstürze, welche den obersten Talboden der Erosion entrückten, während der untere Teil wegen Gefällsvermehrung rascher ausgehöhlt wurde.“ Ähnliche Vorgänge macht

Gebirge. Bei Abfassung dieser Stelle scheint Heim doch an die Hebung der Talboden durch Faltung gedacht zu haben, da er einen Unterschied in der Terrassenbildung zwischen Skandinavien und den Alpen (dort „Plateauhebung“, hier „Entstehung eines Faltengebirges“) findet.

¹ Pag. 7.

² Löwl, Talbildung, 83.

er auf Seite 65 auch für die Entstehung der Baustufen verantwortlich. Löwl scheint in dem oben angeführten Satze nur die Querstufen zu meinen, die man nicht Terrassen zu nennen pflegt; denn auf Seite 87 erklärt er den Terrassenbau durch Verschiebungen der Strandlinie und meint hier offenbar nur die Längsstufen.

Hier möchte ich noch einmal hervorheben, daß Penck (vgl. V. 1), einen beachtenswerten Einwand gegen die Talbodennatur gewisser Schweizer Grundfluren geltend gemacht hat. Mehr noch als hiegegen ließe sich dieser Einwand gegen die Entstehung der verschiedenen Stufensysteme in der von mir angenommenen Weise verwerten. Ich glaubte indes, den Schweizer Verhältnissen kein ausschlaggebendes Gewicht zuschreiben zu sollen, weil, wie erwähnt, sogar die Tatsache in Zweifel gezogen wird (was mir nicht begründet erscheint), und außerdem zu wenig Beobachtungen von anderen Gebieten vorliegen, um über die Gesetzmäßigkeit der Erscheinung zu urteilen.

4. Zeit der Hangbildung.

Folgerichtig mit den bisherigen Erörterungen müssen wir die Hangbildung in die Zeit der Niederschlagsverstärkung verlegen. Im Maximum der Gletscherausdehnung konnte eine tiefere Lagerung der Talböden durch Flußerosion in den Gletschergebieten nicht stattfinden. Wohl aber konnte eine solche Erosion in den noch nicht betretenen und in eben verlassenen Gebieten eintreten. Auch Eiserosion hat nachweislich zur Vertiefung der Täler beigetragen (Tröge).

VI. Früher grössere Talbreite.

Man sollte im allgemeinen erwarten, daß die Täler in früheren Entwicklungsstadien enger waren. Aus den Beobachtungen beiderseitiger, gegenüberliegender Längsstufen hat man erkannt, daß manche Täler zur Zeit, als die Fluren dieser Stufen Talböden waren, breiter waren als heute.¹ Ein allgemeines Gesetz ist aber hierin nicht zu erkennen, denn es ist nicht zulässig, aus dem nach oben Breiterwerden der heutigen Talhohlformen allein auf eine früher größere Breite der Täler zu schließen, wie es ebenfalls geschehen ist. In den erwähnten früher breiteren Tälern konnten alte Reifestadien mit starker Erniedrigung der Talwände vorliegen, deren größere Breite im Verhältnisse zur heutigen

¹ Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter, 608. Die Breite des alten Rhonetales war „meist doppelt so groß wie die heutige des jungen in jene alte Oberfläche eingeschnittenen Rhonetales“.

durch den Gegensatz zwischen diesem Reife- und dem heutigen jugendlichen Stadium des betreffenden Tales verursacht ist. Man könnte auch versuchen, die gegenüberliegenden Stufen von zwei verschiedenen, heute durch Fehlen der Mittelwand vereinigten Tälern herzuleiten. Dann braucht das betreffende Tal früher nicht breiter gewesen zu sein, sondern die heutige Breite der oberen Teile wäre die Summe der Breiten zweier verschiedener Täler. In der Tat sieht man vielfach in den Alpentälern die Spur der trennenden Wand in Gestalt von Talbergen, im Salzburgerischen „Köpfel“ genannt.

Nicht unwahrscheinlich scheint mir, daß die Grundfluren sich durch Abschwemmung der Talwände weiter bilden, daß also die Talwände fortwährend zurückweichen und daß manche Grundfluren gar kein altes Talbodenstück sind, sondern nur die seitliche Fortsetzung von solchen, die früher weiter gegen die Talmitte zu bestanden haben; denn es ist klar, daß die Flur die untere Grenze bildet, bis zu welcher die Abschwemmung des Talabhangs nach abwärts reicht. Damit wäre die immerhin wenig wahrscheinliche Annahme der früher weiteren Täler beseitigt. Das Vorhandensein älterer Ablagerungen auf den Grundfluren in Gestalt glazialer oder fluvialer Ablagerungen würde diese Annahme widerlegen. Wettstein meint 1885 („nach Äpli“), das neue (tiefere) Tal muß schmaler sein als das alte (höhere), weil für die gleiche Breite eine größere Gesteinsmenge seitlich weggeschafft werden müßte. Die gleiche Ansicht findet sich schon bei Heim:¹ Bei gleicher Dauer zweier Talniveaus in dem gleichen Tale wird das höhere einem breiteren Tal entsprechen, weil in der gleichen Zeit für die gleiche Verbreiterung weniger Transportarbeit zu leisten ist. Es ist übrigens selbstverständlich, daß der obere Querdurchmesser des Tales wegen der Herstellung der natürlichen Böschung bei den meisten Gesteinen größer sein muß als der untere. Darauf beruht wohl der Hauptsache nach die Tatsache, daß die Täler oben weiter sind als unten.

VII. Die Stufen des hohen Nordens.

Ebenso wie die Tal-Grundstufen sind die den Norden umgürtenden Bau- und Überbaustufen einer eingehenden Untersuchung würdig. Während Lapparent,² und andere Forscher sie nicht als Uferlinien gelten lassen, weil sie, obwohl in horizontaler Lage, doch in ihren einzelnen Teilen verschiedene Höhen einhalten (auch das scheint näherer

¹ Untersuch. über den Mechanismus der Gebirgsbildung, I. Basel, 1878, 299.

² *Traité de géologie*, 1885.

Aufklärung bedürftig), sondern sie als Gletscherbildung deuten, betrachten andere sie als Uferlinien des Meeres. Bodmer¹ sagt: „Es erinnern die Alpenterrassen und -Stufen ganz an die skandinavischen Terrassen, wo zudem gleich hohe alte Strandlinien Perioden in der Hebung des Landes bezeichnen“.

VIII. Die Kontinentalstufe.

Durch die „Hundertfadenlinie“ bezeichnet, umgibt sie die Festländer. Ihre Flur (der Schelf), nach Nansen² zwischen 50 und 200 *m* liegend, senkt sich langsam zur Außenkante, wie die Fluren der Flußstufen. Ihr Alter scheint nach Nansen, wo bestimmbar, pliozän und pleistozän zu sein. Nach ihm ist sie entstanden erstens durch Ablagerung, zweitens durch subaërische Erosion und marine Denudation.

IX. Die Seestufen.

In ähnlicher Weise wie die nordischen Meere sind manche große Seen von Stufenland umgeben. Zweifellos ist die Bildung ihrer Fluren vielfach auf die Wirkung des bewegten Wassers zurückzuführen. Ob die Hangbildung auf Hebung oder Wasserverminderung zurückgeht, muß in den Einzelfällen festgestellt werden. Andere Stufen können aus einem früheren Flußtalstadium des jetzigen Seengebietes herrühren. Die Erscheinungen sind noch wenig untersucht.

X. Weitere Untersuchungen.

Ich hoffe, daß diese Studie durch neue Studien in der Natur ihre Überprüfung finden wird. Ich möchte auf folgenden Weg der Untersuchung besonders hinweisen:

1. Nachuntersuchung der Frage der Längs-Grundstufen in den Alpen, zunächst im Reußtale, dann in anderen Gebirgen.

2. Verbindung von Grundstufen und Baustufen, namentlich Grundstufen des Gebirges mit den Baustufen des Vorlandes.

3. Zusammenhang zwischen Flußstufen und Meeresstufen, zunächst an den Flußmündungen zu studieren.

¹ l. c. S. 78.

² Nansen F., *Bathymetrical Features of the north Polar Sea with a discussion of the continental shelves and previous oscillations of the shore line. The Norwegian North Polar Expedition 1893—1896. Scientific Results. vol IV. Christiania, 1904, S. 186.*

4. Art des Zusammenhanges von Moränen und Baustufen.
5. Form der Geschiebe in den Baustufen an der Endmoräne, sowohl im Übergangskegel als im Grenzteile der eigentlichen Baustufe gegen den Übergangskegel.
6. Zusammenhang von Talriegeln und Baustufen.
7. Aufsuchung von Baustufen, welche mit solchen unter Endmoränen in die gleiche Gefällskurve gehören, ober den Moränen.
8. Verfolgung der Stufen durch ganze Täler, namentlich durch zwei entgegengesetzte, durch eine Tal-Wasserscheide getrennte Täler und durch Durchbruchstäler.
9. Untersuchung der kleinen Stufenstrecken am Ausgange von Seitentälern nach Herkunft und Formung der Geschiebe. Sie werden gewöhnlich als Schuttkegel erklärt, sind es auch in vielen Fällen, können aber auch im Mündungstrichter der Seitenbäche geschützte Schottermassen des Hauptflusses sein.
10. Etwaige Verbiegungen der Stufen durch Bodenbewegungen (wobei aber, was kaum zu bemerken nötig, nicht die wellige Beschaffenheit der Oberfläche, sondern der Schichtenbau maßgebend ist).
11. Rückläufige Stufen.¹
12. Fauna und Flora der Baustufen behufs Schlüsse auf das Klima der Bildungszeit.

¹ Sowohl über die Tatsachen als über deren Erklärung sind die Autoren uneinig. Vergl. Gogarten, Über alpine Randseen und Erosionsterrassen, im besonderen des Linthtales. Petermanns Mitteilungen, Ergänzungs-Heft 165, 1910. Dazu Lautensach, Über alpine Randseen und Erosionsterrassen. Petermanns Mitteilungen, 1911, 9.

Inhalt.

	Seite
I. Namengebung	3
II. Entstehungsart	5
III. Die Taltreppe bei Graz als Beispiel	7
Übersicht der Stufen bei Graz	13
Höhen der diluvialen und alluvialen Stufen bei Graz	14
Gefälle der Stufen	16
Ausblick vom Ruckerlberg	16
Allgemeines über die Taltreppe bei Graz	18
IV. Baustufen:	
1. Baustufen und Moränen	20
2. Ursache der Aufschüttung	28
3. Ursache der Flurbildung	33
4. Zeit der Aufschüttung	34
5. Ursache der Hangbildung	42
6. Zeit der Hangbildung	44
V. Grundstufen:	
1. Ursache der Flurbildung	44
2. Zeit der Flurbildung	45
3. Ursache der Hangbildung	45
4. Zeit der Hangbildung	47
VI. Früher größere Talweite	47
VII. Die Stufen des hohen Nordens	48
VIII. Die Kontinentalstufe	49
IX. Die Seestufen	49
X. Weitere Untersuchungen	49

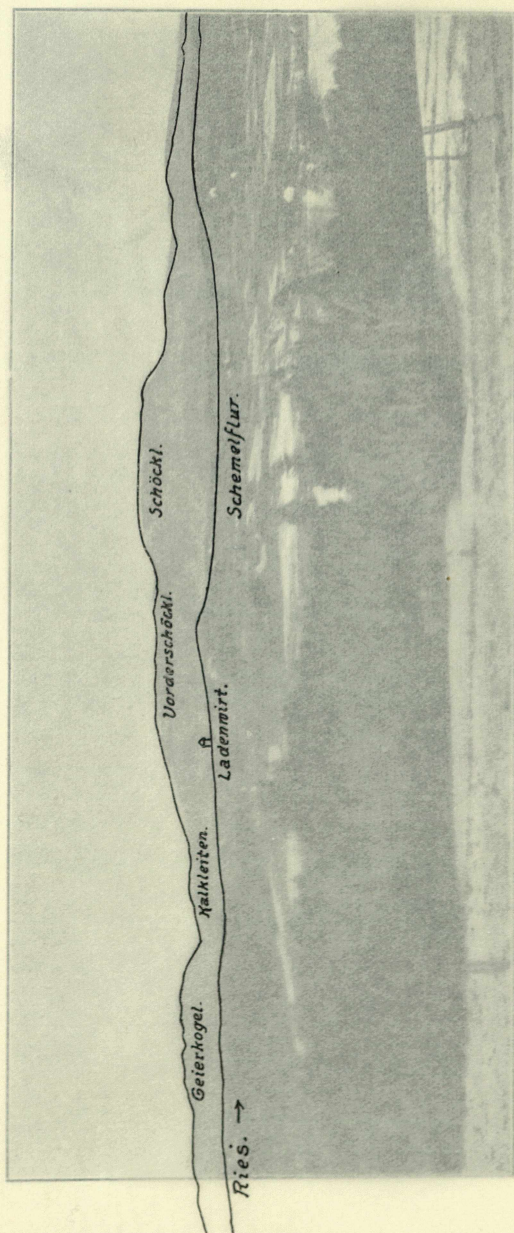


Abbildung 1. Ries, Schöckl, Geierkogel, vom Ruckerberg aus.

— 257 —

2000000

1850-1851

Principles

notionally

1990-1991

↑
15.2.62.

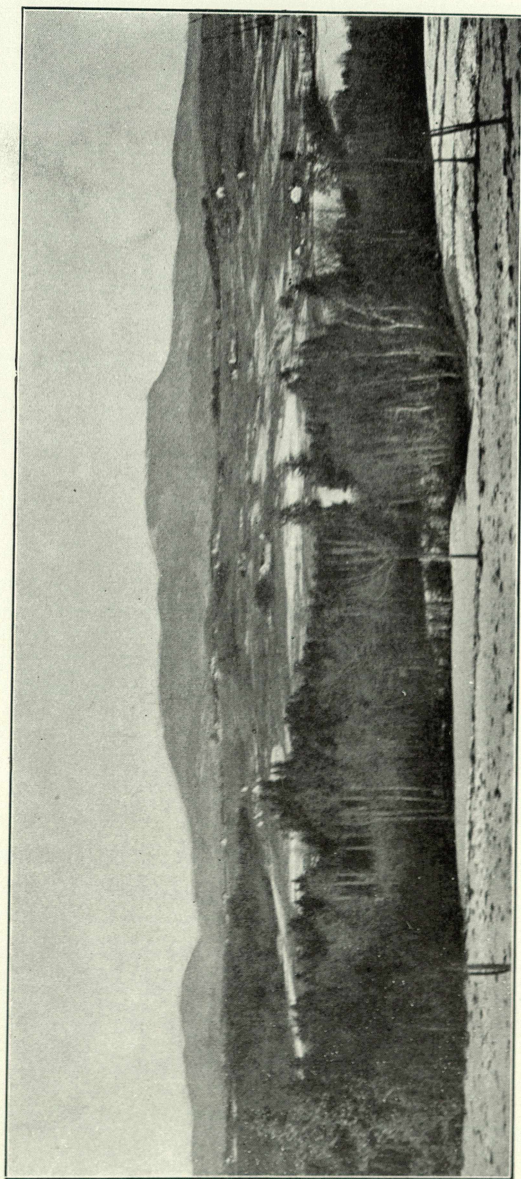


Abbildung 1. Ries, Schöckl, Geierkogel, vom Ruckerberg aus.



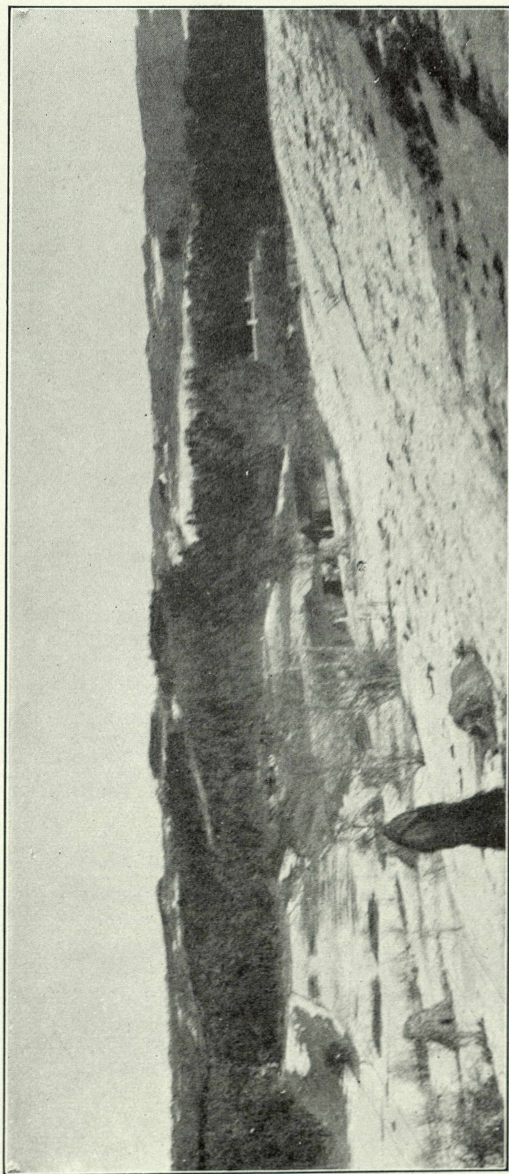


Abbildung 2. Laßnitzhöhe.

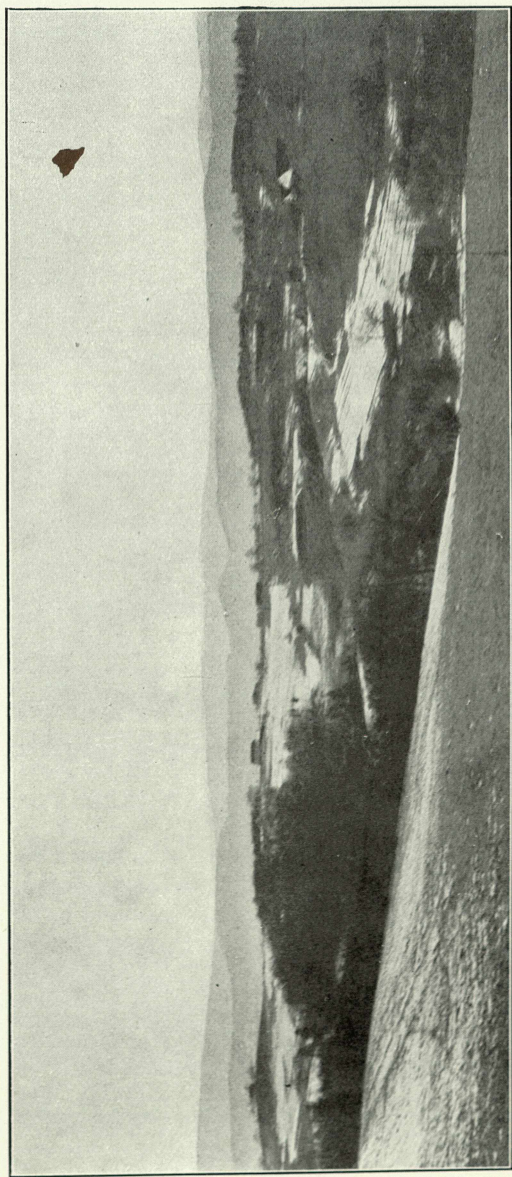


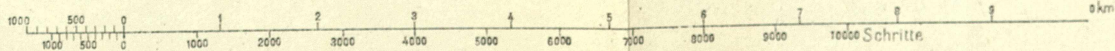
Abbildung 3. Hönigtal.

Die Taltreppe bei Graz.



Die schmalen Fluren sind durch Striche bezeichnet, die breiten umgrenzt.

Mafsstab 1:75.000



1—6 tertiär,
7—11 diluvial,
12 alluvial.

K.u.k. Militärgeographisches Institut.
Vervielfältigung vorbehalten.

