

Die Entstehung der Inntalterrasse.

Ein Überblick über den heutigen Stand der Frage.

Von Dr. Ernst Nowak (Wien).

Jedem Besucher des Unterinntales fällt das »Mittelgebirge«, jener breite, oft von stattlichen Ortschaften besiedelte Absatz im Gehänge auf, der bald auf dieser, bald auf jener, stellenweise auch auf beiden Seiten, in ungefähr 200 m Höhe über dem Flusse die heutige Talfurche begleitet. Es ist das die Inntalterrasse, ein Formelement in der Landschaft Nordtirols, das durch seine Eigenart und Größe jeden, der Sinn für Landschaftsformen hat, fesseln und zur Frage nach seiner Bildung anregen muß.

Die Frage nach der Entstehung der Inntalterrasse ist auch schon eine seit langem diskutierte, jedoch heute noch durchaus offene. Wohl schien sie vor einiger Zeit durch PENCK und BRÜCKNER (»Die Alpen im Eiszeitalter«) eine befriedigende Erklärung gefunden zu haben, aber in neuerer Zeit sind wieder Bedenken gegen ihre Erklärungsweise aufgetaucht, ja Widerlegungen geglückt und neue Behauptungen aufgestellt worden, so daß heute ein abschließendes Urteil über das Problem mehr fehlt denn je. Als Beweis hierfür mag angeführt werden, daß auch KREBS in seiner ausgezeichneten und gewiß auf dem jüngsten Stande der Wissenschaft basierenden »Länderkunde der österreichischen Alpen« die Frage nach der Entstehung der Inntalterrasse offen läßt und sich nur mit knappen Andeutungen begnügt, welche Erklärungsversuche bisher mehr oder weniger Anklang gefunden haben.

Es entspricht so einem Bedürfnis, einmal alle bisherigen Erklärungsversuche zusammenzufassen und einen kritischen Überblick über den heutigen Stand dieses so interessanten morphologischen Problems zu geben. — Zunächst sei das Wesentlichste über die Erscheinungsform der Inntalterrasse vorausgeschickt.

Das sogenannte »Mittelgebirge« des Inntales ist ein breites Felsgesimse, das in Form von ungeheuren Sofas zwischen Imst und Kufstein das heutige Tal begleitet und vielfach von einer Decke meist wohlgeschichteter Schotter- und Sandablagerungen verhüllt ist. Diese sich über den Sitz und die Fußlehne der Felssofas schmiegende Decke von Sedimenten ist es, was vielfach im engeren Sinne unter »Inntalterrasse« verstanden wird; denn dieses Akkumulationsgebilde ist es, dessen Deutung so besondere Schwierigkeiten verursacht. Die so überaus innige Verknüpfung in der Erscheinungsform der Fels- und Schotterterrasse des Inntales läßt es jedoch geraten er-

scheinen, den Ausdruck »Inntalterrassen« in der allgemeinen Bedeutung zu verwenden, wie es vom morphologischen Standpunkt vollkommen gerechtfertigt ist¹⁾. Andererseits ergibt sich jedoch die Notwendigkeit einer scharfen Trennung beider Elemente in morphogenetischer Hinsicht, was im folgenden durch die Bezeichnungen: »die große Schotterterrasse des Inntales« zum Unterschied von der »großen Felsterrasse des Inntales« geschehen soll²⁾.

Wenn wir uns zunächst mit der großen Felsterrasse des Inntales als mit der einfacheren Erscheinung befassen, so kann kein Zweifel bestehen, daß wir es hier mit dem Rest eines alten Talbodens zu tun haben. Bezüglich seines Alters und der Kräfte, die ihn zerstört haben, gilt heute im allgemeinen die von PENCK-BRÜCKNER in ihrem großen Eiszeitwerk ausgesprochene Auffassung: sie sehen ihn als präglazial an und setzen die Übertiefung des heutigen Tales gegenüber dem alten Niveau auf Kosten der Erosion der eiszeitlichen Gletscher. Diese Erklärung hat um so mehr an Wahrscheinlichkeit gewonnen, als sich auch in anderen großen Alpentälern ganz ähnliche große Felsterrassen gefunden haben und auch dort ihre Verknüpfung mit der alten präglazialen Landoberfläche außerhalb der Alpen gelungen ist. Außerdem haben von den Untersuchungen PENCKs und BRÜCKNERS unabhängige Forschungen, z. B. im Eisacktal für einen analogen Rest eines älteren Talreliefs (Schabser Plateau) präglaziales Alter gefunden³⁾. Ebenso nimmt BLAAS in seiner »Geologie von Tirol« und seinen übrigen Schriften durchaus ein präglaziales Alter der großen Inntalfelsterrasse sowie ihrer Analoga im Pustertal, Eisack- und Etschtal an. Weiter hat DISTEL⁴⁾ trotz seiner sonst von PENCK und BRÜCKNER prinzipiell abweichenden Anschauungen über die morphologische Entwicklung der Alpentäler, das große »Mittelgebirge« im Salzach-Längstal auch als — wenigstens im weiteren Sinn — präglazial angenommen. Als ziemlich vereinzelter Vertreter einer gegenteiligen Anschauung steht allen diesen HESS⁵⁾ gegenüber, der die große Felsterrasse im Rhonetal, welche

¹⁾ Auch die Bezeichnung »Inntaler Mittelgebirge« kann man anwenden. Der Ausdruck »Mittelgebirge« ist auch in anderen Alpentälern (wie im Pustertal) im gleichen Sinne gebräuchlich.

²⁾ Das Inntal weist auch noch in anderen Niveaus Terrassenbildungen auf, die jedoch an Großartigkeit bedeutend hinter dem »Mittelgebirge« zurückstehen.

³⁾ MACHATSCHKE, Tal- und Glazialstudien im unteren Eisackgebiet. Mitt. d. Geogr. Ges. Wien 1909/10. — R. v. KLEBELSBERG, Südtiroler geomorphologische Studien. Das mittlere Eisacktal. Zeitschr. d. Ferdin. 56. Bd. (1912).

⁴⁾ Landeskundliche Forschungen XIII (1912) und Peterm. Mitt. 1912. II; DISTEL will die Übertiefung des heutigen Tales nicht allein auf Kosten der Glazialerosion gesetzt wissen, sondern schreibt die erste Anlage des übertiefen Troges einer fluviatilen, aus Verjüngung hervorgegangenen Erosionsfurche zu. Danach würde sich das Alter des alten in der Oberfläche des »Mittelgebirges« repräsentierten Talbodens etwas weiter in die Vergangenheit verschieben, — also nicht mehr im strengsten Sinne »präglazial« sein.

⁵⁾ Peterm. Mitt. 49. Bd. (1903); Zeitschr. f. Gletscherk. 1908.

BRÜCKNER analog mit jener des Inntales als präglazial angesehen hat, als Reste der Günz-Trogschulter auffaßt und die präglaziale Oberfläche »in und etwas über das Niveau der Schliftgrenze« ansetzt. Gegenüber dieser Behauptung, die HESS natürlich auf die ganzen Alpen verallgemeinert wissen will, könnte die Theorie vom präglazialen Alter der Innaltalsterrasse nicht bestehen. Aber HESS hat viele Gegner gefunden und steht wie gesagt bis heute noch ziemlich vereinzelt mit seiner Ansicht da. Besonders abschreckend wirkt bei seiner Theorie der ungeheure Betrag der glazialen Tiefenerosion, die man in Konsequenz seiner Lehre annehmen müßte.

In krassem Gegensatz zu HESS, dem sozusagen radikalsten Vertreter der Glazialerosionstheorie stehen die heute allerdings schon nicht mehr zahlreichen Leugner der Glazialerosion. Nach diesen, hauptsächlich der Schweizer Schule angehörenden Forschern wäre es überhaupt müßig, von einem glazialen Talrelief der Alpen im gebräuchlichen Sinne zu sprechen, nachdem sie ja annehmen, daß die Gletscher nicht erodierend, sondern konservierend das Alpenrelief beeinflußt haben. Danach müßte man die Innaltalsterrasse als Rest eines tertiären, durch Flußerosion noch vor Eintritt der Eiszeit zerstückelten Talbodens ansehen. Gegen eine Entstehung der Innaltalsterrasse auf fluvialem Wege sprechen jedoch ganz entschieden die Beobachtungen in der Natur, wie besonders AMPFERER¹⁾ gezeigt hat.

Wir wollen uns nun der Hauptfrage, das ist jener über die Entstehung der großen Schotterterrasse des Inntales, zuwenden. Ihr petrographischer Inhalt ist zuerst von BLAAS²⁾ eingehend beschrieben worden, später hat vor allem AMPFERER ihn noch näher studiert: Die Hauptkomponente, die eigentlichen »Terrassensedimente« sind meist wohlgeschichtet und bestehen in der Regel aus Lehm und dem sog. Bänderton (feiner geschichteter, sandiger Lehm) zuunterst, dann aus feinen (»Mehlsanden«) bis gröberen Sanden und zuoberst aus diesen und groben Flußschottern. Häufig fehlt auch eines dieser Glieder, vielfach finden sich nur die Schotter. Dieser setzt sich nahezu aus allen Gesteinen, die im Inngebiete vorkommen, zusammen; weitaus vorherrschend sind jedoch zentralalpine Gerölle; alle Komponenten dieser Schotter tragen die unzweifelhaften Merkmale des Wassertransportes. Die Ausbildung der Terrassensedimente ist auf ihre ganze horizontale Erstreckung eine sehr gleichmäßige, ihre Mächtigkeit beträgt 200—400 m; sie sind damit ein morphologisch bedeutend ins Gewicht fallender Faktor der Innaltalsterrasse und innerhalb der Schotterterrasse der weitaus vorherrschende, wenn auch durchaus nicht einzige Sedimentinhalt; auf die Erklärung der Art und Weise ihrer Bildung

¹⁾ Studien über die Innaltalterrassen. Jahrb. k. k. geol. R.-A. 1904.

²⁾ Über die Glazialformation im Innthal. Zeitschr. d. Ferdin. III. F. 29. H. (1885); Geologische Karte der diluvialen Ablagerungen der Umgebung von Innsbruck. Jahrb. d. k. k. Geol. R.-A. XL (1890).

läuft im wesentlichen die Frage nach der Entstehung der Inntalterrasse hinaus.

Über die geologische Stellung dieser Terrassensedimente zu den übrigen Komponenten der Inntalterrasse und deren Charakter gibt uns am besten folgendes Profil nach AMPFERER¹⁾ Aufschluß:

1. Sofaähnliche Felsterrasse (jüngster Bestandteil: Häringer Tertiär).
2. Konglomeratfelsen (Alter?) von Nassereith, Durchholzen, Brauenberg.
Liegende Grundmoräne, Überreste einer älteren Eiszeit.
3. Schutthalden und Schuttkegel, z. T. verfestigt (Gehängebreccien).
~~~~~ Erosionsdiskordanz (Gehängebreccien sind zerschnitten, Ränder der Schutthalden und -kegel zurückgedrängt).
4. Terrassensedimente.  
~~~~~ Erosionsdiskordanz (Terrassensedimente erscheinen abgeschrägt; diese Flächen im allgemeinen der Talrichtung und dem Berggehänge angepaßt).
- ↓ 5. Hangende Grundmoräne, mächtig und ausgedehnt.
6. Moränenwälle und Schuttfelder, Gebilde der Rückzugsstadien der letzten Vergletscherung.

Wie wir aus diesem Profil ersehen, enthalten die außer den eigentlichen Terrassensedimenten vorhandenen Ablagerungen, deren Charakter und gegenseitige Stellung, die erste Handhabe zur Deutung der großen Schotterterrasse des Inntrales: sie ist ein Produkt der Eiszeiten und ihr hauptsächlichster Inhalt, die sog. Terrassensedimente innerhalb derselben zur Ablagerung gekommen.

Daß die Inntalterrasse ein Gebilde der Eiszeit sei, hat zuerst PENCK in seinem 1882 erschienenen epochemachenden Werk: »Die Vergletscherung der deutschen Alpen« ausgesprochen, nachdem sich schon früher zwar zahlreiche Autoren (wie auch PICHLER) mit den Ablagerungen beschäftigt, jedoch der Frage nach der Zeit und Ursache ihrer Entstehung nicht nähergetreten waren. PENCK, der schon an anderem Orte den Nachweis für eine mehrfache Wiederholung des Eiszeitphänomens erbracht hatte, schloß damals aus dem Vorkommen von Grundmoränenmaterial über den Terrassensedimenten zunächst, daß diese vor der letzten Vergletscherung gebildet worden seien. In dem innigen Konnex, in welchem die Terrassensedimente mit den Moränenablagerungen auftreten, sah er einen Hinweis, daß die Bildung der Terrassensedimente der Vergletscherung unmittelbar vorausgegangen

¹⁾ Über die Entstehung der Inntalterrassen. Verh. d. k. k. Geol. R.-A. 1908.

war, daß sie also in diesem Sinne »Glazialschotter« und bereits ein Produkt der letzten Eiszeit seien¹⁾. Zu einer fast gleichen Anschauung über die Entstehung analoger Ablagerungen an anderen Orten sind BÖHM (Alte Gletscher der Enns und Steyr, 1885) und BRÜCKNER (Vergletscherung des Salzachgebietes, 1886) gelangt. BLAAS ist jedoch bald darauf zu etwas von dieser abweichenden Ansichten gekommen²⁾. BLAAS hatte unter den Terrassensedimenten in inniger Verknüpfung mit ihnen die »liegende Grundmoräne« gefunden, was ihn zu der Auffassung führte, die Terrassensedimente seien kein Produkt der vorrückenden Vereisung, sondern zur Zeit des Rückzuges einer Vergletscherung gebildet worden, worauf erst eine neue, die letzte Vereisung, die Hangendmoräne abgelagert hätte. Gewisse noch jüngere Bildungen mit Kulturschichten³⁾ nahm damals BLAAS als während des Rückzuges dieser letzten Vergletscherung entstandene fluvioglaziale Bildungen an, — eine Ansicht, die er jedoch bald selbst richtigstellte, ebenso wie er die Anschauung über die Entstehung der Hauptterrasse (eigentl. Terrassensedimente) stark modifizierte⁴⁾: Er nahm nun an, daß das große Inn-Längstal in der Eiszeit eine ähnliche Rolle gespielt habe wie das Alpenvorland, — daß nämlich die Gletscher der von Süden mündenden Haupttäler ungefähr gleichzeitig die Innfurche erreicht hätten, ohne daß es zur Ausbildung eines eigentlichen Inn-gletschers hatte kommen müssen. Die diesen Gletschern entströmenden Bäche hätten nun, hauptsächlich unter dem stauenden Einfluß der tiefer inntalabwärts sich über dessen Sohle legenden Gletscherzungen die Terrassensedimente angehäuft. Dies hätte sich natürlich in einer Zeit stark reduzierter Vergletscherung ereignet. Bei der neu vorstoßenden Vereisung wäre dann die Grundmoränendecke der jetzt zu einem »Inngletscher« vereinigten Eismassen über die Sedimente gebreitet worden. |

Zu einer im wesentlichen nicht viel abweichenden Anschauung gelangte zu ungefähr gleicher Zeit PENCK auf Grund seiner umfassenden Studien im ganzen Ostalpengebiet; sie ist auch im großen PENCK-BRÜCKNERSchen Eiszeitwerk beibehalten und beinhaltet in den Hauptzügen folgendes: Bei Herannahen der letzten Vergletscherung erreichte der Zillertalgletscher das Inntal, als dieses noch bis weit hinauf eisfrei

1) PENCK stellte sich dies so vor, daß zur Zeit des Anwachsens des Gletschers der Gletscherbach der Grundmoräne Material entführte und dieses vor dem Gletscher anschüttete; die Terrassensedimente wären also danach nichts anderes als eine in fluviales Sediment umgelagerte Grundmoräne.

2) l. c.

3) Diese später allgemein schon als alluvial betrachteten Bildungen setzen eine niedrige von der großen Inntalterrasse morphologisch und geologisch deutlich geschiedene junge Flußterrasse zusammen.

4) Geologische Karte der diluvialen Ablagerungen in der Umgebung von Innsbruck. Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. 1890 und Notizen über diluvioglaziale Ablagerungen im Inntal. Ber. d. naturwiss.-med. Ver. Innsbruck 1890/91.

war ¹⁾. Die Zunge des Zillertalgletschers schob sich nun wie ein Riegel quer über das Inntal und staute die Gewässer des Innstaues auf; es bildete sich ein gewaltiger Stausee, der das Inntal von der Mündung des Zillertales bis in die Gegend von Imst erfüllte. In diesem See nun wurden die mächtigen Terrassensedimente im Haupttal selbst abgelagert und auch in die Seitentäler (Wipptal) hineingebaut. Der endgültige Vorstoß der Würmvergletscherung brachte den See wiederum zum Verschwinden; das Eis des Innstaues vereinigte sich nun mit dem des Zillertales, und eine einheitliche Grundmoränendecke breitete sich über die eben abgelagerten Sedimente des Innstausees. Die gewaltige Spanne Zeit, die man für die Ablagerung der Terrassensedimente und damit für die Lebensdauer des Innstausees annehmen muß, versetzte PENCK anfänglich in die Zeit, die der Würmvergletscherung bzw. ihrer Kulmination vorausging, das ist also in das Riß-Würm-Interglazial. Später erfuhr diese Zeitbestimmung von PENCK eine Berichtigung (»Alpen im Eiszeitalter«): Eine Endmoränenlandschaft im unteren Inntal (Ober- und Unterangerberg, Kuhberg usw.), die PENCK dem Bühlstadium zuschrieb, bewog ihn, die Bildung der Terrassensedimente in die Zeit einer großen Oszillation der ausklingenden Würmvergletscherung, die von ihm »Achenseeschwankung«²⁾ benannt wurde, zu verlegen.

Diese in den »Alpen im Eiszeitalter« dargelegte Theorie blieb längere Zeit die herrschende und wurde von maßgebenden Forschern akzeptiert³⁾; sie bot auch tatsächlich viel Verlockendes, — sie vermochte gerade die auffälligsten Erscheinungen in der Gestaltung der Terrasse auf befriedigendste, leicht faßliche Weise zu erklären: das ist das beschränkte Auftreten der Terrassensedimente zwischen Zillertalmündung und Imst, ihre große Mächtigkeit und ihr Hineinwachsen aus dem Haupt- ins Nebental (Wipptal); auch mit der Ausbildung der Ablagerungen stimmt sie wohl überein, da diese eher lakustren (Lehm, Mehlsande) als fluvialen Charakter tragen.

Neuere eingehende Untersuchungen AMPFERERS schafften jedoch Beobachtungsmaterial zutage, gegenüber denen sich die PENCKBRÜCKNERSche Theorie nicht mehr aufrecht erhalten ließ⁴⁾. Vor allem fand AMPFERER auch unterhalb der Zillertalmündung Terrassensedimente von ganz gleicher Ausbildung, wie sie oberhalb derselben auftreten; die Inntalschotterterrasse setzt sich also auch

¹⁾ Außer den bereits von BLAAS angeführten Argumenten nimmt er auch als Ursache die Schwächung des Inngletschers durch das Abströmen des Eises über den Fern- und Seefelderpaß an.

²⁾ Da damals auch die Aufstauung des Achensees stattgefunden haben soll.

³⁾ So hat BLAAS sie in seinem Führer für Tirol übernommen; auch AMPFERER hat geraume Zeit auf der PENCKschen Auffassung gefußt (»Studien über die Inntal-terrasse« 1904).

⁴⁾ AMPFERER, Über die Entstehung der Inntalterrassen. Verh. d. k. k. geol. R.-A. 1908, und: Glazialgeologische Betrachtungen im unteren Inntal. Zeitschr. f. Gletscherk. II. (1907/08).

weiter talabwärts fort. Auch die von PENCK und BRÜCKNER als Endmoränenlandschaften des Bühlstadiums aufgefaßten Bildungen im Unterinntal (Unterangerberg, Kuhberg), sieht AMPFERER als nichts anderes als tiefer erodierte, von der Gletschererosion stark bearbeitete Stücke der Inntalterrasse an. Überdies ist es noch in jüngster Zeit AMPFERER und HAMMER¹⁾ gelungen, auch im Oberinntal, weit über Imst, ja sogar über Landeck hinaus bis Finstermünz Reste von Terrassensedimenten sehr bedeutender Mächtigkeit zu finden, die ohne Zweifel zeitlich und genetisch mit der großen Inntalschotterterrasse in Verbindung zu bringen sind. Damit ist nun auch flußaufwärts die lokale Beschränkung des Aufschüttungsphänomens aufgehoben, und es wird somit jedem auf derselben basierenden Erklärungsversuch der Boden entzogen. Damit war auch die Stauungshypothese von PENCK-BRÜCKNER gefallen und AMPFERER setzt nun nach eingehender Begründung an ihre Stelle die Senkungshypothese:

Er verwirft zunächst die Möglichkeit einer Erklärung der Terrassenbildung allein durch erhöhte Schuttförderung, und zwar hauptsächlich aus folgenden Gründen: Vor allem scheiden sich die Terrassensedimente scharf sowohl zeitlich wie genetisch von den unzweifelhaft als Produkt erhöhter Schuttförderung erkannten Bildungen, das sind die Gehängebreccien (3. Glied im Profil AMPFERERS, s. S. 181), und den Bildungen der Rückzugsstadien (6. Glied in demselben Profil). Weiteres spricht dagegen die Unabhängigkeit der Terrassensedimente von den Berghängen und Seitentälern — die Verschüttung müßte ja gerade in der Richtung von den Seitentälern gegen das Haupttal erfolgen! — und ihre so überaus gleichförmige Entwicklung auf so weite Erstreckung. — Die Auffassung schließlich, man hätte es in den Terrassensedimenten mit einer umgeschwemmten Grundmoräne zu tun, widerlegt sich nach AMPFERER vor allem durch die große Mächtigkeit der Ablagerung. AMPFERER gelangt hierauf zu dem Schluß, daß nur eine Verminderung des Gefälles den Inn zu so gewaltiger Akkumulation veranlaßt haben kann. Als einzige Ursache einer derartigen Gefällsänderung sieht er einen tektonischen Vorgang an, also in dem gegebenen Falle eine Senkung des Inntalgebietes um etwa 300 m, das ist dem Betrage der Aufschüttung.

Die AMPFERERSche Hypothese ist nicht ohne Widerspruch geblieben [HILBER²⁾, BRÜCKNER³⁾]. So wurde gegen sie geltend gemacht, daß

¹⁾ HAMMER, Glazialgeologische Mitteilungen aus dem Oberinntal. Verh. d. k. k. geol. R.-A. 1912. — AMPFERER, Beiträge zur Glazialgeologie des Oberinntales. Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. 1915.

²⁾ HILBER, Entstehung der quartären Schotterterrassen im Umkreis der Alpen. Zeitschr. f. Gletscherk. IV. (1909/10), und: Gegenbemerkungen über Terrassen. Ebenda.

³⁾ BRÜCKNER, Entstehung der quartären Schotterterrassen im Umkreis der Alpen. Ebenda.

Anzeichen der von AMPFERER angenommenen Senkung bisher in benachbarten Gebieten nicht gefunden wurden und es doch sehr unwahrscheinlich ist, daß die Senkung nur ganz lokal das Innthal betroffen hätte. AMPFERER selbst hat sich die Senkungserscheinung als einen allgemeinen alpinen tektonischen Vorgang vorgestellt und eine weitgehende Problemstellung darauf gegründet. HILBER hat nach einer jedenfalls als mißglückt zu betrachtenden Polemik¹⁾ versucht, die Bildung der Innalschotterterrasse mit Rücksicht auf die allgemeine Erscheinung der diluvialen Flußakkumulation auch außerhalb der Alpen, mit dem Hinweis auf Klimaschwankungen (Niederschlagsarmut und daher geringe Wassermengen in den Interglazialzeiten) zu erklären. Dagegen hat sofort BRÜCKNER Stellung genommen²⁾ und darauf hingewiesen, daß es nicht angeht, Flußaufschüttungen außerhalb und innerhalb des vergletscherten Gebietes einheitlichen Ursachen zuzuschreiben. BRÜCKNERS letzte Äußerung geht dahin, die Ursache der Verschüttung dürfte wohl morphologischer Art sein: der Ausgleich der durch die Gletscher geschaffenen Gefällsbrüche der Talsohle und die Übersteilheit der Gehänge hätten eine erhöhte Schuttförderung in den Interglazialzeiten bedingt. Das ist übrigens ein Satz, der schon im Eiszeitwerke PENCK-BRÜCKNERS klar ausgesprochen ist.

Allein mit der Begründung, daß eine Interglazialzeit eine Periode erhöhter Schuttförderung und damit der Akkumulation der Flüsse sei, kommen wir bei der großen Mächtigkeit der Innalschotterterrasse und ihren sonstigen Eigentümlichkeiten nicht aus; es hat ja schon auch AMPFERER darauf hingewiesen, daß sich die Terrassensedimente eben von den unzweifelhaften Produkten erhöhter Schuttförderung ziemlich scharf trennen (vgl. S. 181). Es kann nach seiner einleuchtenden Begründung tatsächlich nur eine bedeutende Gefällsverminderung des Flusses zur Erklärung herangezogen werden. Wenn wir nun diese nicht auf einen tektonischen Vorgang zurückführen wollen, bleibt nur noch übrig, für sie eine morphologische Ursache zu suchen, und dies kann in unserem Falle nur die Umgestaltung der Gefällsverhältnisse durch den glazialen Zyklus sein, das wäre die bedeutende Erosion des Rißgletschers in der inneralpinen Strecke des Inntales einerseits, seine gewaltige Aufschüttungstätigkeit im Alpenvorland andererseits³⁾. Es ist nicht schwer, sich vorzustellen, daß die beiden

¹⁾ Vgl. die folgende Anmerkung.

²⁾ Entstehung der quartären Schotterterrassen im Umkreis der Alpen. Zeitschr. f. Gletscherk. IV. (1909/10).

³⁾ PENCK und BRÜCKNER sprechen in ihrem Eiszeitwerk nur von der das Talgefälle beeinflussenden Wirkung der Gletschererosion durch Stufen- und Beckenbildung, woraus sich ergibt, daß »in jeder Interglazialzeit die Flüsse streben, das während der Eiszeit durch Riegel- und Stufenbildung gestörte Gefälle wieder auszugleichen, durch Akkumulation im Bereiche der Becken, durch Erosion im Bereiche der Riegel und Stufen«.

einander entgegenwirkenden Vorgänge das Gefälle des Innntales derart verringerten bzw. stellenweise sogar in ein rückläufiges verwandelten, daß der glaziale Talboden um Beträge von 300—400 m unter die normale ausgeglichene Flußkurve zu liegen kam. Die Folge dieser, eine Gefällsverminderung beinhaltenden »Übertiefung« mußte nach Rückzug des Eises sich in einem ungeheueren Rückstau zeigen. Wahrscheinlich waren zunächst weite Strecken des Innntalbodens, da die Wasser keinen Abzug fanden, in Seen verwandelt. Zur Wiederherstellung eines normalen Gefälles mußten nun die Vorgänge in umgekehrter Weise in Wirksamkeit treten wie zur Glazialzeit: Erhöhung des Talbodens im vergletschert gewesenen Talstrang durch Aufschüttung von Sedimenten und Zerschneidung der präalpinen glazialen Schotterfelder. Die Aufschüttung in der Gebirgsstrecke des Flusses mußte nun so lange anhalten, bis das Gleichgewicht mit dem erodierenden außeralpinen Flußteil hergestellt war; durch die außerordentliche Schuttförderung der übersteilen Gehänge, zerstörter Riegel usw. mag jene besonders begünstigt worden sein.

Bei einer derartigen Bildungsweise der Innntalaufschüttung ist es sehr wohl denkbar, daß die Mächtigkeit der Sedimente — wie es in der Natur tatsächlich zu beobachten ist¹⁾ — talaufwärts zunimmt, denn einmal entspricht dem Oberlaufe der zu erreichenden normalen Flußkurve ein steileres Gefälle, was unter Annahme eines ungefähr gleichbleibenden unternormalen Gefälles des glazialen Talbodens eine höhere Aufschüttung bedingt, — zum andern ist anzunehmen, daß die Übertiefung im oberen Innntal einen verhältnismäßig hohen Betrag erreichte, weil bei dem hier schmalen Talprofil der Gletscher stärker in die Tiefe arbeitete, während in der breiten unteren Talstrecke er seine Kräfte mehr nach den Flanken entfaltet haben dürfte.

Hier anknüpfend müssen wir nun auch an die Frage herantreten, warum die Innalterrasse als solche, d. h. in morphologisch so ausgeprägter Form nur auf der Talstrecke unterhalb Imst beschränkt bleibt (»Inntaler Mittelgebirge«), trotzdem, wie die Untersuchungen AMPFERERS gezeigt haben, die Terrassensedimente diese lokale Beschränkung nicht trifft. Es hängt dies offensichtlich mit dem Auftreten der großen sofaförmigen Felsterrasse zusammen, die unterhalb Imst einsetzt und die wir früher (vgl. S. 179) als Reste des präglazialen Talbodens erkannt haben. Was die lokale Verbreitung dieser Felsterrasse betrifft, so ist schon immer ihre innige Verknüpfung mit jener der großen Schotterterrasse aufgefallen, so daß man unwillkürlich auch an sehr enge genetische Beziehungen denken mußte. Tatsächlich wären nun auch beide nach unserer Erklärung die nähere und die weitere Konsequenz ein und derselben ursächlichen Erscheinung, nämlich der gla-

¹⁾ AMPFERER spricht z. B. noch bei Finstermünz von einer Mächtigkeit bis 400 m; dagegen erreicht sie im untersten Innntal nur höchstens 200 m.

zialen Umgestaltung des Tales (Übertiefung bzw. Gefällsverminderung). — Die Felsterrasse ist jedenfalls das eigentlich formgebende Element und unter ihrem Schutze waren auch die günstigsten Bedingungen für die Erhaltung der Terrassensedimente gegeben. Ebenso ist die große Breite des Unterinntales ein Faktor, der die Erhaltung der Terrassensedimente in Form von zusammenhängenden Terrassenflächen wesentlich begünstigen mußte.

Es fragt sich nun, woher dieser verschiedene Talcharakter des Inn unterhalb und oberhalb Imst — dort weiter Querschnitt, breite zusammenhängende Felsterrassen, — hier enger Querschnitt, nur schmale lückenhafte Felsgesimse — herrührt. Im wesentlichen muß er wohl auf Kosten des Stadiums gesetzt werden, in dem sich die präglaziale Talentwicklung befand. Der Fluß war bei Eintritt der Eiszeiten erst in seiner Laufstrecke bis ungefähr Imst ausgereift, während er weiter aufwärts noch größtenteils jugendliche Formen besaß. Das Eis hat dann den Gegensatz nur verschärft und mehr ausgearbeitet. So tritt uns heute der Rest des alten breiten Talbodens des vollkommen ausgereiften präglazialen Inns als jene sofaähnliche Felsterrasse entgegen, während in der jugendlichen engeren Talstrecke, der auch steileres Gefälle entsprach, die glaziale Erosion das präglaziale Talrelief bis auf geringe Spuren zu verwischen vermochte. —

Sehr gut stimmt unsere auf morphologischer Grundlage gegebene Erklärungsweise der Gefällsverminderung mit der Ausbildung der Sedimente (ihrem vielfach lakustren Habitus) und der in der Schottermasse fast durchwegs beobachteten Reihenfolge: Lehm, Sande, Kiese, Schotter überein. Diese Umstände sprechen dafür, daß zu Beginn der Akkumulationstätigkeit des Flusses das Gefälle am geringsten war, so daß — wahrscheinlich in stagnierendem Wasser — zunächst sogar die feinste Flußtrübe abgesetzt wurde (Bildung der Lehme und Mehlsande); später mit zunehmender Mächtigkeit der Ablagerungen muß sich auch das Gefälle allmählich gesteigert haben, so daß die leichteren Sinkstoffe bereits weitertransportiert werden konnten und nur mehr gröberes Material (die Kiese und Schotter) zum Absatz kamen. — Das Charakteristische bei dem ganzen Vorgange wäre also gewesen, daß der Fluß gleichsam vor ein »fait accompli« gesetzt war, daß er die Akkumulation beginnen mußte, nachdem die Gefällsverminderung bereits eine vollzogene Tatsache war¹⁾.

¹⁾ Die Reihenfolge der Sedimente und ihr Charakter ist meines Erachtens ein Umstand, der gegen die tektonische Erklärung spricht. Da man annehmen müßte, daß die Senkung allmählich vonstatten gegangen ist, würde man erwarten, daß zuerst die schweren und groben Bestandteile zum Absatz kamen, während allenfalls erst später bei weiter fortschreitender Senkung und andauernder Gefällsverminderung (d. h. wenn die Akkumulation den Betrag der Senkung nicht wettzumachen vermochte), auch die feinen Sedimente sich ablagerten. — Senkung und Akkumulation wären hier eben zwei gleichzeitig nebeneinander fortlaufende Vorgänge gewesen.

Auch der Umstand, daß die Aufschüttung aus dem Haupttale in die Nebentäler reicht, bildet eine Stütze für die Annahme, daß die (morphogenetisch erklärte) Gefällsverminderung im über-tieften Haupttale die weitaus überragende Ursache des ganzen ge-waltigen Akkumulationsvorganges war¹⁾.

Kurz zusammenfassend lassen sich also folgende charakte-ristische Erscheinungen an der Inntalerrasse morpho-genetisch erklären:

1. Die bedeutende, flußaufwärts zunehmende Mächtigkeit der Ter-rassensedimente.
2. Die lokale Beschränkung des »Mittelgebirges«.
3. Die eigentümliche (lakustre) Ausbildung der Sedimente und deren in den meisten Profilen von unten nach oben beobachtete Reihen-folge: Lehm, Mehlsande, Sande und Kiese, Schotter.
4. Die vom Haupttal ins Nebental erfolgte Aufschüttung der Sedi-mente.

Hingegen ist eine Beobachtung, die AMPFERER besonders hervor-hebt, schwer mit unserer auf morphogenetischer Grundlage versuchten Erklärungsweise in Übereinstimmung zu bringen. Nämlich die scharfe zeitliche Trennung der »erwiesenen Produkte erhöhter Schutt-förderung« im Inntal (der Gehängebreccien usw.) von den Terrassen-sedimenten, wie sie durch das Auftreten einer Erosionsdiskordanz (s. das AMPFERERSche Profil S. 181) zum Ausdruck kommt²⁾. Nach unserer Annahme hätten sich beide Vorgänge — Gehängeverschüttung und Auf-schüttung im Tale — wenn auch aus verschiedenen unmittelbaren Ur-sachen, so doch als gemeinsame Folge einer großen einheitlichen Er-scheinung, nämlich die Umgestaltung des Reliefs durch den glazialen Zyklus, gleichzeitig nebeneinander abgespielt.

Es wäre wohl voreilig, wegen dieses Widerspruches die versuchte morphogenetische Erklärung von vornherein zu verwerfen. Sei es, daß sie noch einer Modifikation bedarf, sei es, daß neue Beobachtungen eine Aufklärung bringen. In welcher Art diese erfolgen könnte, dar-

¹⁾ Auch mit dieser Erscheinung ist die tektonische Erklärung nicht so gut in Einklang zu bringen, da nicht einzusehen ist, warum bei einer Senkung, die doch jedenfalls auch das Gebiet der Seitenstränge des Inntales ergriffen hätte, nicht auch in diesen sich die erhöhte Akkumulation in gleicher Weise bemerkbar macht. — Die Theorie, die allein erhöhte Schuttförderung annimmt, kommt hier natürlich um so weniger aus.

²⁾ Vgl. auch AMPFERER, Über Gehängebreccien der Nordtiroler Kalkalpen. Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. 1907. Die gleichfalls von AMPFERER wiederholt betonte genetische Trennung beider Bildungen, welche er besonders auch als Argument gegen die Erklärung mittels alleiniger erhöhter Schuttförderung ins Treffen führt, widerspricht unseren morphogenetischen Annahmen nicht, da nach diesen die Terrassensedimente durchaus nicht an Ort und Stelle ab- und umgelagerter Ge-hängeschutt (also keine Erstückung des Tales von den Gehängen aus!), sondern durch Wasser aus dem oberen Inngebiet und den Seitentälern herbeitransportiertes Material wären.

über können nur Vermutungen aufgestellt werden. Vielleicht, daß die in der Natur beobachteten Lagerungsverhältnisse noch eine andere Deutung zulassen, daß die heutigen Abbrüche der Breccien und Abschnidungen der Schuttkegel von einer jüngeren Erosionsperiode herühren, die an anderer Stelle in gleicher Weise die Terrassensedimente ergriffen hat. — Anderenfalls kann man auch annehmen, daß die Gängeverschüttung rascher vor sich ging als die Talakkumulation durch den Fluß, daß letztere noch lange andauerte, als bereits der Wandversturz zur Ruhe gekommen war. Dadurch ließe sich wenigstens die häufig beobachtete Überlagerung der Breccien durch die Terrassensedimente erklären¹⁾.

Es zeigt sich eben aus diesen letzten Erwägungen, daß eine vollkommene Klärung der Frage nach der Entstehung der großen Inntal-schotterterrasse noch immer nicht erreicht ist und nur weitere eingehende Studien in der Natur zum Ziele führen können. Besonders würden sich noch möglichst zahlreiche und genaue Messungen des präglazialen Talbodens, der Auflagerungsgrenze der Terrassensedimente und deren Mächtigkeit zwecks Ermittlung der jeweiligen Gefällsverhältnisse als notwendig erweisen. Doch dürfte aus der Darlegung der bisherigen Forschungsergebnisse und der kritischen Abwägung der verschiedenen Erklärungsversuche sich erwiesen haben, daß nach dem heutigen Stande der Forschung die Annahme von Ursachen rein morphologischer Natur die meisten Aussichten verspricht. Sie bietet zudem den großen Vorteil, daß sie gleichzeitig eine einheitliche Basis für die Erklärung der ja sonst in den Alpen so weitverbreiteten Erscheinung der interglazialen Talverschüttung bildet.

¹⁾ Bei Annahme vollkommen parallel gehender Bildung beider Ablagerungen müßte sich an ihrer gegenseitigen Grenze eine Mischung oder ein zahnförmiges Ineinandergreifen der Sedimente ergeben.