

VERHANDLUNGEN

DER

GEOLOGISCHEN BUNDESANSTALT

Heft 10-12

Wien, Oktober-November-Dezember

1949

Inhalt: Th. Pippan, Das Problem der Taxenbacher Enge.

NB. Die Autoren sind für den Inhalt ihrer Mitteilungen verantwortlich.

Eingesendete Mitteilungen.

Therese Pippan, Das Problem der Taxenbacher Enge.

Einleitung.

Im Salzachtal ist zwischen die breiten, offenen Tallandschaften des Oberpinzgaus und Pongaus eine eigentümliche Strecke, die sogenannte Taxenbacher Enge, eingeschaltet, deren Entstehung sehr schwierig zu deuten ist. Das Problem hat schon im vorigen Jahrhundert die Aufmerksamkeit einzelner Forscher erregt und wurde im Laufe der Zeit recht verschieden erklärt. Besonders Seefeldner (49) hat sich in einer eingehenden und ideenreichen Studie mit diesem Gebiet befaßt. In der vorliegenden Arbeit sollen die Erklärungsversuche der einzelnen Forscher kritisch gewürdigt und neue Deutungsmöglichkeiten diskutiert werden.

Ich beschäftigte mich mit dem Problem der Taxenbacher Enge schon im Rahmen meiner Dissertation über „Morphologische Untersuchungen in den nördlichen Tauerntälern“ (38). Damals studierte ich besonders die Schotter und Konglomerate, die für die Erklärung eine bedeutsame Rolle spielen, und kam dabei zu etwas anderen Ergebnissen als Seefeldner. Mein Bestreben war vor allem, die Beobachtungstatsachen auf einem einfacheren Wege zu deuten. Im Rahmen der Dissertation war es unmöglich, das umfangreiche Beobachtungsmaterial eingehend zu verwerten und mich ausführlicher mit den Ansichten der verschiedenen Autoren auseinanderzusetzen. Ferner konnte ich damals die talgeschichtlichen Probleme, die sich aus dem Vorhandensein verlassener Talfurchen in diesem Gebiet ergeben, nur streifen.

1947 hatte ich Gelegenheit, die Taxenbacher Enge mit Herrn Prof. Dr. H. Kinzl gelegentlich einer Exkursion des Geographischen Institutes der Universität Innsbruck zu begehen, von dem ich sehr wertvolle Anregungen erhielt und der mir vorschlug, die Probleme eingehend zu untersuchen. Während der Begehungen im Sommer 1947 beschäftigte ich mich wieder mit den Schottern und Konglomeraten, aber auch den verlassenen Talfurchen wurde erhöhte Aufmerksam-

keit geschenkt. Ferner studierte ich die Klammern und suchte ihre differenzierte morphologische Gestaltung mit dem Werdegang der Taxenbacher Enge in ursächlichen Zusammenhang zu setzen. Sodann wurde der bisher kaum beachteten auffälligen Gliederung der Engtalstrecke in bezug auf die unterschiedliche Formung des Querprofils und dessen Verfolgung in frühere Perioden der Talgeschichte besondere Beachtung gewidmet.

Ich kam nun auch in der vorliegenden Arbeit auf Grund eines außerordentlich umfangreichen Beobachtungsmaterials zu mehrfach anderen Deutungsversuchen der Probleme in der Taxenbacher Enge als die anderen Autoren. Besonders fruchtbar erwies sich die Auswertung eines Gedankens, den Sölch in seinem „Fluß- und Eiswerk in den Alpen“, S. 144 ff., niederlegte, wo er auf die Bedeutung epigenetisch bedingter Flußverlegungen für die Erklärung der Ausbildung und Erhaltung von Gefällsbrüchen und Engstrecken in den Alpentälern hinwies.

Geologischer Überblick.

Westlich des Wolfbaches ist die Serie des Nordrahmens der Hohen Tauern mit der Vorherrschaft der weichen Fuscher Phyllite. Sie stößt bis zu diesem Bach im N an die Pinzgauer Phyllite, weiter östlich aber an die Radstädter Serie mit dem Klammkalk. Das für die Beurteilung der auftretenden Terrassen wichtige Einfallen der Gesteine im Salztal ist bei vorwiegendem W-O-Streichen meist steil gegen N, saiger oder überkippt nach S gerichtet.

Von der Kitzlochklamm gegen W bildet der Klammkalk eine geschlossene Zone. Wichtig sind Einschaltungen von Zügen kristalliner Schiefer und Fuscher Phyllite zwischen die Klammkalkzüge mit darübergelagerten Quarzserizitphylliten, die besonders an der Gasteinertalmündung das Formenbild beeinflussen. Die Klammerserie liegt im Zentrum der längsstreichenden Depressionszone am Tauernnordrand und stößt hauptsächlich östlich der Hochalmkulmination vor. Hier im Norden konnte sie mit Gefälle gegen Westen abfließen, so daß sie bis westlich Taxenbach vorstößt (Hottinger, 19). Kober (27) führt das Auftauchen der Klammdecke auf die erwähnte Kulmination zurück. Das morphologisch wichtigste Gestein ist der meist feinkörnige, harte Klammkalk mit häufigen Kieseladern. Die starke Kleinfaltung bedingt nach Ohnesorge infolge tiefgreifender Verzahnung der Schichten erhöhte Widerständigkeit. Neben dem Klammkalk spielt der Kalkphyllit eine morphologisch wichtige Rolle. Nach Hottinger (19) sind Brüche in der Radstädterzone bedeutsam, was in allen Klammern zu beobachten ist. Am Nordende des Gasteinertales gewinnen sie unmittelbar für das Landschaftsbild Bedeutung, worauf Kinzl (1947) aufmerksam gemacht hat. Braumüller (3), Fisch (10) und Ohnesorge haben auf jüngere Quersörungen hingewiesen. Es handelt sich um vertikale Verstellungen und Blattverschiebungen. An der Nordgrenze der Radstädter Einheit gegen die Pinzgauer Phyllite liegt nach Ohnesorge im Bereich der Rauistalmündung eine jetzt nicht mehr aufgeschlossene Lettenzone von etwa 6 m Mächtigkeit, welche für die Anlage des Salztalles Bedeutung hatte. Noch wichtiger aber ist in dieser Beziehung die Klamminüberschiebung. Sie wird als steil nach N einschließende tektonische Störung durch die erwähnte Lettenzone gekennzeichnet. Braumüller verfolgte diese Linie fast bis Bruck.

Nördlich des Salztalles erstreckt sich die Pinzgauer Phyllitzone. In einem schmalen Streifen von Bruck über Lend zur Liechtensteinklamm greift sie noch über das Salztal nach S (Trauth, 59), so daß dieses auf der genannten Strecke ganz in ihrem Bereich liegt. Das Material ist überwiegend wenig fest, da die tonige Fazies vorherrscht. Im Kontakt mit

der Klammerserie sind die Phyllite besonders stark verknetet und sehr dünnblättrig. Ihr Streichen ist nur zwischen Eschenau—Lend quer, sonst parallel oder spitzwinkelig zur Flußrichtung. Wichtig sind mehrere Einschaltungen obersilurischer Kalk- und Kalkphyllitzüge im Streichen (Trauth, 59), die sich in der Landschaft durch Felsbildungen herausheben. Östlich des Salzachtales fehlen sie fast ganz. Der mächtigste Kalkzug erstreckt sich vom Kuchlkopf über den Eschenauer Kogel ins Dientental und setzt sich gegen Goldegg und über die Salzach hinweg fort. Weitere solche Zonen haben wir am Buchberg, bei St. Veit und eine vom Gamskogel über den Pulzengraben zum Hochglockner-Hochkling, welche das Salzachtal an seinem Knie zwischen Grafenhof und Halldorf bei St. Johann erreicht, um sich jenseits desselben als schwächere Einlagerung der Pinzgauer Phyllite bis Wagrein fortzusetzen (Trauth, 59).

Die Anlage des Salzachtales ist durch die tektonisch-petrographischen Verhältnisse vorgezeichnet. Die Längstalstrecke zwischen Bruck—Schwarzach liegt in der Fortsetzung des Oberpinzgaus. Sie ist eine tektonisch angelegte Zone (Cornelius, 13, Hottinger, 19) und fällt mit einer durch Gleithorizonte markierten Zerrüttungszone zusammen. Der große Gesteinsgegensatz: Klammkalk im Süden, Pinzgauer Phyllit im Norden der Salzach, hat die Erosion an der Gesteinsgrenze begünstigt. Die Quertalstrecke abwärts von Grafenhof bezeichnet Cornelius (13) als ein quer zum Gebirgsstreichen verlaufendes reines Erosionstal. Es müßte dann als Stück der alten konsequenten Entwässerung an der Nordseite der zentralen Aufwölbung aufgefaßt werden. Doch ist auch diese Talstrecke tektonisch angelegt. Nach Machatschek (30) liegt das Salzachquertal in einer Zone jüngerer Einwallung. Besonders der Übergang aus der Längs- in die Quertalstrecke ist an Störungen gebunden (Ohnesorge). Die Phyllite und Kalke der Grauwackenzone sind hier stark gestört und verfälscht. Bei den Tunnels der Innsbrucker Bahn lassen sich Harnischflächen und saigere Klüftlinien beobachten. Das dickbankige Material ist vielfach zerbrochen. Stellenweise (etwas südlich des ersten Tunnels, ferner an der Ostseite des Hochkling und am gegenüberliegenden Talgehänge an der Großarlerstraße) sinken die Schichten im Streichen beiderseits gegen den Fluß ab.

Die morphologischen Verhältnisse des Salzachtales zwischen Bruck und St. Johann mit vergleichsweiser Berücksichtigung des Oberpinzgaus.

Morphologisch ergibt sich ein eindrucksvoller Gegensatz in der N—S-Richtung: rechts der Salzach die Erhebungen der Klammkalkzone mit scharfen Gipfformen, kahlen Felsabfällen und wilden Klammern, links die weich geformten, bis oben hinauf begrünnten Schieferalpen. Er erklärt sich durch die verschiedene Widerständigkeit der beiden Gesteinszonen, die unvermittelt längs des Flusses aneinandergrenzen. Ferner liegen die Schieferalpen als relativ gesenkte Zone zwischen den stärker herausgehobenen Gebirgszügen der Tauern und nördlichen Kalkalpen und erreichen deshalb nur ausnahmsweise 2000 m Höhe; somit waren sie fast durchweg von diluvialen Eis überflossen, das ihre Rücken und Kuppen abgerundet hat. Fast noch überraschender ist der Gegensatz in W—O-Richtung, der

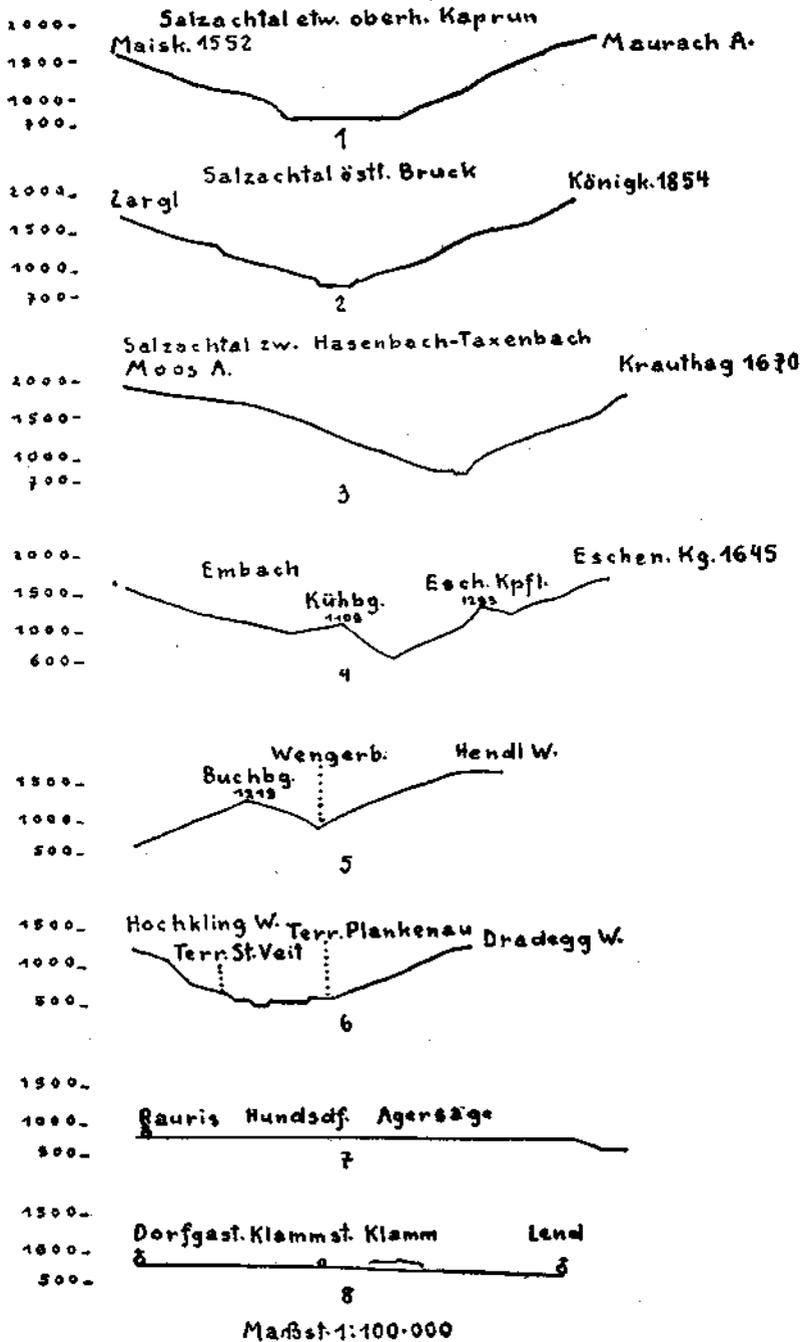


Fig. 1. Profile durch das Salzachgebiet.

schon von mehreren Morphologen hervorgehoben und recht verschieden erklärt wurde. Es handelt sich um das völlig andersartige Landschaftsbild des Oberpinzgaus und Pongaus einerseits, des Unterpinzgaus anderseits. Scharf heben sich drei Talabschnitte voneinander ab: der breite Oberpinzgau bis Bruck, das Engtal des Unterpinzgaus fast bis Schwarzach, das von Taxenbach gegen Osten vielfach schlucht- bis klammartig ausgebildet ist („Taxenbacher Enge“), und schließlich von Schwarzach abwärts die Pongauer Weitung.

Der Oberpinzgau charakterisiert sich durch die ungewöhnlich breite, völlig ebene, vielfach versumpfte Talsohle mit mäßig geböschten und infolge der weitgehenden Übereinstimmung in der morphologischen Wertigkeit der Gesteinszonen im Norden und Süden sehr gleichartig gestalteten Talgehängen zu beiden Seiten (Profil 1). Diese Ebenheit erklärt sich durch die große Verschüttung, die nach Ampferer (13) auf die Verlandung eines Stausees zurückgeht. Der Vorgang erfolgte nach dem Rückzug des W-Gletschers, der das Tal ausgeräumt hatte. Das Gefälle der heutigen Talsohle beträgt zwischen Mittersill—Bruck nur $1\frac{3}{100}\%$. Schotterterrassen fehlen, die Schwemmkegel sind nicht terrassiert; nur Felsterrassen gibt es in verschiedenen Höhenlagen. Die Seitentäler des östlichen Oberpinzgaus münden gleichsohlig ins Haupttal.

Völlig anders sieht es im Unterpinzgau aus. Er beginnt mit der sprunghaften Verengung des Talbodens von 2 km auf 1 km bei Bruck, womit ein ganz anderer Talcharakter einsetzt (Profil 2). Die Versumpfung hört auf, beiderseits engen terrassierte Schwemmkegel das Tal ein und etwas unterhalb Bruck treten jung zerschnittene Alluvialterrassen auf. Das Gefälle des Talbodens steigert sich auf $5\frac{0}{100}\%$. Bei St. Georgen und Hasenbach treten am Fuß des Nordhanges rundhöckerartige Hügel oder höher oben eigenartig gebuckelte Gehängepartien auf, die in der W—O-Richtung bearbeitet und gestreckt sind. Ähnliche Gebilde hat der Talboden von Taxenbach. Von Hasenbach an schneidet die Salzach erstmalig in festes Gestein. Bei Taxenbach verengt sich die Talsohle weiter (Profil 3). Wir haben hier bis zur Raurisachmündung eine z. T. klammartige Strecke, wo bis 40 m hohe, glazial nicht geglättete Felswände beiderseits der Salzach aufragen; diese bildet Stromschnellen. Die Seitenbäche münden in steilen, engen Schluchten, z. T. mit Wasserfällen. Unmittelbar über dieser Klammstrecke aber dehnt sich der breite, ebene Talboden von Taxenbach—Hainbach—Edt (750 m). Den ganz anderen Charakter dieser Talstrecke gegenüber dem Oberpinzgau zeigt deutlich ein Vergleich der drei genannten Profile. Zwischen der Station Rauris-Kitzloch und Lend macht die Salzach einen auffällig gegen Norden gerichteten Bogen um den vorspringenden Gipfel des Kühberges (1109 m) mit seinem W—O-gestreckten Rücken und dem jähen Abfall gegen den Fluß. Südlich des Buchberges (1219 m) biegt sie wieder nach Süden zurück. Auch dieser Berg ist in W—O-Richtung gestreckt. Beide Erhebungen haben den steileren Abfall gegen Westen, in der Stoßrichtung des diluvialen Salzachgletschers. Das Tal trägt auf der ganzen Strecke Schluchtcharakter. Die Seitentäler von Süden

münden in Klammern, jene von Norden in Schluchten und Wasserfällen. Die Salzach bildet mehrfach Stromschnellen. Die Terrassenflächen von Taxenbach sind verschwunden. Etwa 320 m über der Salzach aber erstreckt sich die ausgedehnte Hochfläche von Embach, von der die steilen Hänge des Pfarrwaldes abfallen (Profil 4). Erst zwischen Eschenau—Lend treten wieder Terrassen in niedrigerem Niveau auf. Bemerkenswert ist das Vorkommen ungewöhnlich hoch gelegener Schotter, die dem Oberpinzgau auch in tieferen Lagen fehlen. Der mürbe Pinzgauer Phyllit begünstigt durch intensivste Hangabtragung geförderte Rutschungen. (Embacher Plaike.) Von Eschenau bis Schwarzach wechseln mehrfach extrem felsige Talstrecken mit solchen gemäßigten Profilen.

Eine Besonderheit der Taxenbacher Enge sind in größerer Höhe über dem rezenten Talboden gelegene, heute nicht mehr durchlaufend benützte oder ganz verlassene alte Talfurchen, nämlich jene von Embach, Mitterstein und Brandstatt (Fig. 3, S. 228).

Das Hochtal von Embach verläuft südlich des Kühberges in 950 bis 1000 m. Nach Ohnesorge (34) und Seefeldner (49) wurde es präglazial von der Salzach benützt, die hier unmittelbar der lettenreichen Zone der Klammüberschiebung folgte, wo sich Klammkalk und Pinzgauer Phyllit in stark zertrümmertem, verschmierem Zustand befinden. Wagner (60) sah in diesem Talzug die verschleppte Mündung der Raurisache. Seefeldner (49) zeigte an der Verfolgung alter Talböden, daß die Furche tatsächlich präglazial von der Salzach geschaffen wurde, da sich in ihrem rezenten Tal nördlich des Kühberges wohl jüngere und ältere, aber nicht präglaziale Talbodenreste durchverfolgen lassen. Auf jeden Fall beweist die große Breite der Senke, die zu dem kleinen Embach, der heute ihren östlichen Teil benützt, in gar keinem Verhältnis steht, daß sie durch die Erosion eines größeren Flusses entstanden sein muß. Die Schotter am Nordrand der Embacher Hochfläche stammen hauptsächlich aus dem Rauristal, was aber nicht ohne weiteres dafür spricht, daß die Raurisache diese Furche geschaffen hat, denn auch die Salzach mußte nach Einmündung der Ache in erster Linie Gerölle aus deren Tal ablagern. Einen sehr wichtigen Hinweis auf die Schaffung des Tales durch die Salzach bietet jedoch der Talbodenrest von March, der westlich der Raurisachenmündung die unmittelbare Fortsetzung des Embacher Hochtales bildet und zweifellos dem Haupttal angehört.

Dafür sprechen folgende Argumente: Die genannte Fläche liegt ebenfalls in 950—1000 m wie jene von Embach. Sie erstreckt sich auf 600 m Länge in W—O-Richtung am Südgehänge des Salzachtals. Die Vermutung, daß sie von einem in dieser Richtung verlaufenden Fluß geschaffen wurde, wird durch die Tatsache bestärkt, daß an ihrem Nordrande eine Klammkalkrippe den Talbodenrest wohl um 10 m überragt und ebenfalls von W nach O zieht. Sie wurde offenbar von einem in derselben Richtung verlaufenden Fluß selektiv herauspräpariert und später vom diluvialen Salzachgletscher weiter modelliert. Diese Rippe liegt in der Fortsetzung des Klammkalkzuges, in dem sich die Kitzlochklamm befindet und ist ein Äquivalent zu ähnlichen Bildungen am Nordrand der Embacher Hochfläche östlich der Ache.

Mit den Hochflächen von Embach-March haben wir somit zwei klar ausgeprägte Talbodenelemente vor uns, die parallel zum heutigen Salzachtal verlaufen und offensichtlich von einem gleichgerichteten Fluß geschaffen wurden. Es steht außer Zweifel, daß beide Formen nicht der Raurisache, sondern der Salzach ihre Entstehung verdanken.

Im Hochtal von Embach ist der morphologisch wichtige Gegensatz in der Gestaltung der Furche westlich und östlich des Ortes hervorzuheben. Im Westen dehnt sich eine flach gewölbte und gewellte Ebenheit, an deren Westrand der Phyllit zutage tritt. Östlich Embach aber treffen wir eine stark reliefierte, kuppige Hügellandschaft mit einer Reliefenergie von etwa 20 m, wo das Anstehende überall durch Moräne verhüllt ist. Hier machte der W-Gletscher bei seinem Rückzug offenbar mehrfach einen Halt und warf an seiner Stirn mächtiges Moränenmaterial aus, während er sich westlich von Embach sehr rasch zurückzog, so daß dort die Moränendecke nur dünn ist. Erst südlich Hinterwinkl verrät ein hoher Wall wieder einen längeren Stillstand. Recht auffällig sind die ungemain stellen, nahezu abbruchartigen Abfälle der Hochfläche gegen Norden zur Salzach, gegen Westen zur Raurisache und gegen Osten zum Teufenbach. Im Norden wird sie vom schmalen Rücken des Kühberges begrenzt, dessen Firstfläche fast saigere, ziemlich zähe Phyllite kappt. Nach Süden richtet sich ein allmählicher Abfall, nach Norden aber führen fast senkrechte, meist kahle Felswände zur Fläche von Neudegg (780 m) hinab. Solche extreme Profile sind im Phyllit selten; es wird geradezu der Eindruck eines Abbruches erweckt. An einzelnen Stellen liegen Harnischflächen vor, doch reichen die Beobachtungen für eine sichere Entscheidung über die Bruchnatur des Abfalles nicht aus. Neben dem asymmetrischen Profil des Kühberges ist die Abbruchfläche der Embacher Plaike ein markantes morphologisches Element der Hochfläche. Der Ostteil des Hochtals wird vom Embach und Reiterbach zerschnitten. Diese Gewässer kommen aus einem seichten Muldental, in dem sie mäandrieren. Von der Isohypse 900 an wird das Querprofil bei konvexer Hangbildung steilwandig und schluchtartig. In mehreren Stufen, alle in brüchigem, verfaltetem Phyllit, erreicht der Embach die Salzach. Erwähnung verdient die asymmetrische Ausbildung des Teufenbachprofils, bei dem die Westseite sprunghaft höher geschaltet ist und, von bedeutenden Schotterauffrisen verhüllt, zum Ostrand der Embacher Hochfläche hinaufführt.

Der zweite alte Talzug, ebenfalls schon von Wagner erwähnt, verläuft von Hundsdorf, nördlich der Kirche Eschenau vorbei nach Boden, Mitterstein und nördlich des Buchberges gegen Goldegg-Weng, Urpaß und St. Veit (Profil 5). Bei Mitterstein (851 m) verengt er sich zu einem mäßig geöffneten Kerbtal. Hier bildet der vom Eschenauer Kogel herüberstreichende Silurkalkzug am Südfall des Hendlwaldes langgestreckte Felswände in 1000—1100 m, quert die Senke an der engsten Stelle und setzt sich in den Buchberg hinein fort. Die Enge bei Mitterstein erweckt den Eindruck einer Wasserscheide und teilt die Furche in zwei deutlich gesonderte Abschnitte. Eine weitere, ebenfalls sehr starke Verengung liegt östlich Goldegg-Weng, wo harte, mächtige Kalkphyllitplatten die Senke queren. Trotz dieser Einengungen handelt es sich in diesem Talzug um eine deutliche, wenn auch nicht einheitlich durchlaufende Senkenzone, durch die der Buchberg und niedrigere Erhebungen nordöstlich desselben vortragartig vom geschlossenen Phyllitgebiet im Norden abgetrennt werden. Im Vergleich zum Embacher Hochtal oder dem Salzachtal zwischen Kühberg und Eschenauer Köpfl in höheren Lagen ist die Furche nördlich des Buchberges allerdings schmal. Der Gletscher

hat ihr Profil weder wesentlich verbreitert, noch typisch glazial gestaltet. Talgeschichtlich von Bedeutung sind die Reste von Konglomeraten bei Boden und Eschenau.

Die dritte, am niedrigsten gelegene Talfurche ist die von Brandstatt in etwa 750 m mit meist breiter, ebener Talsohle und konvex geformten Gehängen. Sie ist zwischen den NW-Abfall des Heukarcks und einigen niedrigen, aber scharf profilierten Vorhügeln der Silurkalk- und Kalkphylliteinschaltungen der Grauwackenzone eingesenkt, deren höchster jedoch nur 784 m erreicht. Südwestlich dieses Punktes endet die Furche. Wichtig ist das Auftreten von Schottern in ihrem Bereich.

Für die ganze Talstrecke zwischen Taxenbach—Schwarzach ergibt sich gegenüber dem Oberpinzgau eine wesentliche Steigerung des Gefälles der heutigen Talsohle ($47-12\%$). Im Gesamtbereich der Taxenbacher Enge, besonders aber zwischen Rauris- und Gasteineralmündung, sind für beide Talseiten konvexe Hangformen bezeichnend. Ein Vergleich zwischen Ober- und Unterpinzgau ergibt den sehr verschiedenen Charakter der beiden Gebiete. Jedenfalls spricht keine der angeführten Beobachtungstatsachen für eine Senkungszone im Bereiche der Taxenbacher Enge, während dies vom Oberpinzgau ohneweiters gilt.

Die Pongauer Weitung beginnt etwas oberhalb Schwarzach. Das Tal verbreitert sich auf 0,5—1 km und ist stark verschüttet. Doch sind die Aufschüttungen im Gegensatz zu jenen des Oberpinzgaus terrassiert (Profil 6). Schotter treten in zahlreichen Aufschlüssen zutage. Nördlich der Salzach erhebt sich das Goldegg—St. Veiter Mittelgebirge mit sanft gerundeten Kuppen und weiten Ebenheiten. An beiden Talgehängen treten Felsterrassen in verschiedenen Höhen auf. Im Südosten mündet die Großarlache mit 220 m hoher Stufe zur Salzach. Das Gefälle der Talsohle zwischen Wegscheidhäusl und St. Johann beträgt nur $2,4\%$. Die Formenwelt weist teils auf Senkung, teils auf Hebung.

Erklärungsmöglichkeiten zum Problem der Talenge des Unterpinzgaus.

Das Auftreten der geschilderten Engtalstrecke von Taxenbach bis Schwarzach verlangt nach einer Erklärung. Im allgemeinen ergeben sich folgende Möglichkeiten: die geologischen Verhältnisse, das Vorhandensein einer alten Wasserscheide, glaziale Diffluenz, junge Dislokation und epigenetisch bedingte Flußverlegungen. Alle die angeführten Möglichkeiten seien nun kritisch erörtert, inwieweit sie für den Engtalcharakter verantwortlich sein können. Bisher wurden in der Literatur nur drei Lösungsversuche diskutiert, nämlich: Durchschneidung einer alten Wasserscheide, Zerschneidung eines durch glaziale Diffluenz entstandenen Riegels und junge Dislokation.

Die geologischen Verhältnisse haben die Taxenbacher Enge nicht bewirkt, denn gerade die extremste Strecke bei Taxenbach liegt in mürbem, an der Klammüberschiebung besonders zerrüttetem, parallel zur Salzach streichendem Phyllit. Das Verhältnis des Schichtstreichens zum Flußverlauf hat in diesem weichen Material für das

Querprofil kaum Bedeutung, denn die Tallichte ist sowohl im Kühbergbereich, wo die Schichten spitzwinkelig verlaufen, als auch zwischen Eschenau—Lend, wo dieser Winkel ein rechter ist, breiter als in der extremen Enge. Größeren Einfluß üben schmale paläozoische Kalk- und Kalkphyllitzüge aus, die an der Dientenbachmündung und etwas westlich Schwarzach die Salzach queren. Auch sie bewirken aber nur eine lokale Differenzierung des Querprofils, indem sich hier besonders extreme, petrographisch bedingte Engstrecken einschalten, die mit dem Einsetzen des Phyllits sofort einem gemäßigteren Profil weichen. Für das Auftreten der Taxenbacher Enge im ganzen haben diese Kalkzonen keine Bedeutung, was schon daraus hervorgeht, daß die engste Strecke, das Gebiet bei Taxenbach, durchaus im Pinzgauer Phyllit liegt.

Für die Erklärung des Engtalcharakters durch die Zerschneidung einer alten Wasserscheide sprachen sich Wagner und Wähler aus (60, 49, 13). Sie vermuteten bei Taxenbach eine alte Wasserscheide zwischen Saalach und Salzach; die Salzach habe dann durch Rückerosion den einstigen Oberlauf der Saalach an sich gezogen. Demgegenüber haben Penck (36) und Seefeldner (49) mit Recht betont, daß sich die Reste älterer Talböden durch die Enge hindurch in den Oberpinzgau verfolgen lassen und daher diese Erklärung abgelehnt. Da der Verbindung solcher Talbodenreste eine gewisse Unsicherheit anhaftet, ist darüber hinaus anzuführen, daß die ganze Schlucht bei Taxenbach einen jungen Eindruck macht, keine Spuren glazialer Bearbeitung und auch kein Moränenmaterial aufweist, so daß man den Bestand dieser Wasserscheide bis mindestens in die letzte Eiszeit und mithin postglaziale Zerschneidung annehmen müßte, wollte man die Enge durch Zersägung einer Wasserscheide erklären. Wäre diese schon vor der Eiszeit oder in irgendeiner Zwischenzeit zerschnitten worden, hätte der Salzachgletscher den Querschnitt der extremen Enge doch etwas erweitern müssen, da er im weichen Phyllit arbeiten konnte. (Sogar im Klammkalk erfolgte eine glaziale Erweiterung der ineinandergeschachtelten höheren Querprofile.) Brückner (5) hat nun postglaziale Zerschneidung einer Wasserscheide erwogen, dann aber ohne nähere Begründung die Erklärung durch postglaziale Dislokation als wahrscheinlicher bezeichnet. Aber die Beobachtungstatsachen sprechen dafür, daß schon während des R-W-Interglazials keine Wasserscheide mehr bestanden haben kann, weil Schotter dieser Epoche sich von Wolfbach durch die Enge nach Embachrain und zur Embacher Hochfläche fortsetzen. Da Wehrli (61) am rechten Schluchtabfall südlich Taxenbach ein solches Sediment in nur 30 m über dem Flußspiegel feststellen konnte und ich selbst bei der dortigen Holzbrücke etwa 24 m über der Salzach, muß hier schon im letzten Interglazial ein Tal mit einer Sohlenhöhe von höchstens 724 m bestanden haben. (Heutige Talsohle 699 m.) Unterhalb der Raurisachenmündung aber war spätestens im letzten Interglazial die Talsohle bis mindestens 10 m über dem heutigen Flußspiegel eingetieft, denn hier konnte ich Reste eines interglazialen Konglomerates in solch tiefer Lage über der Salzach beobachten. Alle diese

angeführten Einwände sprechen gegen die Entstehung der Taxenbacher Enge durch Zerschneidung einer alten Wasserscheide und Anzapfung.

Die Möglichkeit, die Enge durch glaziale Konfluenz zu erklären, wurde von Penck (36) herangezogen. Er sah in dem „Mittelgebirge“ beiderseits des Tales einen durch glaziale Diffluenz beim Zellersee entstandenen Riegel, der postglazial von der Salzach durchzogen wurde. Da sich der präglaziale Talboden nach seiner Meinung ungestört vom Oberpinzgau durch den Unterpinzgau bis in den Pongau verfolgen läßt, lehnt er nicht nur die Annahme einer Wasserscheide, sondern auch die Entstehung durch Dislokation ab. Krebs hat nun gegen Penck mit Recht eingewendet, daß dieser Riegel nicht gut mit der Diffluenz bei Zell am See zusammenhängen könnte, da er nicht, wie zu erwarten wäre, schon bei Bruck, sondern erst 12 km weiter östlich einsetzt. Es ist in bezug auf diese Diffluenzwirkung festzuhalten, daß sie sich allerdings in der Reduktion der Talbodenbreite von 2 auf 1 km, sowie im Auftreten glazial überformter Hügel am Talboden und am Gehänge des westlichen Unterpinzgaus deutlich äußert, daß aber die Entstehung der Enge bei Taxenbach mit dieser Diffluenz nicht mehr unmittelbar zusammenhängen kann.

Die Erklärung durch junge Dislokation haben Brückner (5), Ampferer (2), Seefeldner (49), Wehrli (61, 62), Hottinger (19), Schwinner (46) und Pippan (38) herangezogen.

Schon Brückner (5) hat eine junge Queraufwölbung bei Taxenbach angenommen, in die sich die Salzach einschneiden mußte und wodurch die Engtalstrecke entstand. Das Maximum der Hebung suchte er bei Embach, da hier das Gefälle des Flusses am stärksten und die Lage der Schotter und der unteren Moränengrenze über dem Flußspiegel am höchsten ist. Durch diese Hebung wurde die Salzach weiter oberhalb zu verstärkter Aufschüttung gezwungen und dadurch der Zellersee abgedämmt. Nach Ampferer (2) entsprechen Einbiegungstrecken eines Flußtales einer Aufschüttungszone, solche der Aufbiegung aber einer Enge. Er verweist auf den Gegensatz zwischen dem mächtig aufgeschütteten Einbiegungsgebiet des Oberpinzgaus und der Enge von Bruck bis Schwarzach mit den Anzeichen junger Erosion und den hochgelegenen Schottern und Konglomeraten. Ampferer bezeichnet daher den Unterpinzgau als Hebungszone, die er mit dem Aufschwung der Gipfflur in den Kalkalpen von 2655 m im Steinernen Meer auf 2938 m im Hochkönigsgebiet verbindet. Aber hier läßt sich einwenden, daß der Hochkönig eben weiter im Süden liegt als das Steinerne Meer und daher überhaupt höher gehoben ist. Die Kalkalpen wurden ja von S gegen N schräggestellt. Seefeldner (49) suchte vor allem den Zeitpunkt der Hebung bei Taxenbach festzulegen und sie unmittelbar aus der Verbiegung durchlaufender Talböden zu erweisen. Er findet es für nötig, die Schotter und Konglomerate im Unterpinzgau und Pongau altersmäßig zu gliedern, indem er jene von der Rauristalmündung bis St. Veit dem M—R-, jene westlich der Raurisache und in der Pongauer Weitung dem R—W-Interglazial zuweist. Auf Grund dieser Annahme kommt er zu einem komplizierten Bewegungsmechanismus, der sich im Salzachtal abgespielt haben soll. Als Ursache der 250 m mächtigen Verschüttung (sie umfaßt tatsächlich 310 m, da rechts der Raurisachenmündung das erwähnte tief gelegene, stark verfestigte Konglomerat vorhanden ist) nimmt er im Bereich seiner „älteren Schotter“ eine starke M—R-Interglaziale Senkung mit dem Maximum bei Embach an. Gleichzeitig sollen der Oberpinzgau und Pongau ein Gebiet relativer Hebung gewesen sein, was aber unbewiesen bleibt. Für das R—W-Interglazial muß nun, um den Beobachtungstatsachen

gerecht zu werden, eine die Senkung an Intensität weitaus übertreffende Hebung im Unterpinzgau angenommen werden, durch welche nicht nur der Betrag der ursprünglichen Senkung kompensiert, sondern die Schotter auch in die abnorme heutige Höhenlage gebracht wurden; wobei das Maximum dieser Hebung auch wieder bei Embach gesucht wird. Gleichzeitig sei es im Oberpinzgau und Pongau zu relativer Senkung und Aufschüttung der „jüngeren Schotter“ gekommen. Was bei Annahme eines derart komplizierten Entwicklungsganges dem Salzachgebiet infolge dieser sowohl zeitlich als räumlich ungleichmäßig differenzierten Bewegungen innerhalb eines eng begrenzten Bereiches an Elastizität zugemutet wird, übersteigt vielleicht doch die Grenze der physikalischen Möglichkeit.

Angesichts dieser Schwierigkeiten habe ich daher untersucht, ob es wirklich nötig ist, die Ablagerungen in ältere und jüngere zu gliedern. In der Tat sprechen eine Anzahl von Argumenten dagegen. Erstens sind die Lagerungsverhältnisse sämtlicher Vorkommen völlig dieselben, indem das Hangende die W-Moräne bildet, bei Embach sogar ein jüngeres Rückzugsstadium derselben, und auch als Liegendes ist bei einzelnen Aufschlüssen eiszeitliches Material gegeben. Daraus geht nun hervor, daß die Sedimente älter sein müssen als die W-Moräne, die sie mit einer Erosionsdiskordanz überdeckt, und jünger als die Liegendmoräne, von der nicht sicher ist, ob sie in die R- oder M-Eiszeit gehört, aber eher ist doch das erstere der Fall. Die Ansicht Seefeldners, daß die Liegendmoräne bei den Schottern der Taxenbacher Enge der M-, die der Pongauer Ablagerungen aber der R-Eiszeit angehört, läßt sich nicht beweisen. Die Beobachtungstatsachen sprechen lediglich für das interglaziale Alter dieser Sedimente überhaupt, da sie zwischen Moränen geschaltet sind, besagen aber nichts über ihre etwaige Altersverschiedenheit. Zweitens sprechen mehrere Befunde gegen Seefeldners Kriterium, daß die älteren Ablagerungen nicht unter das Niveau des R-W-interglazialen Talbodens hinabreichen, der westlich Schwarzach in 680 m liegt und bis Taxenbach auf 750 m ansteigt.

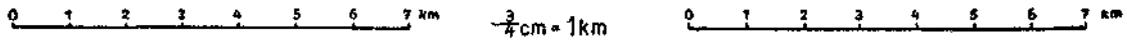
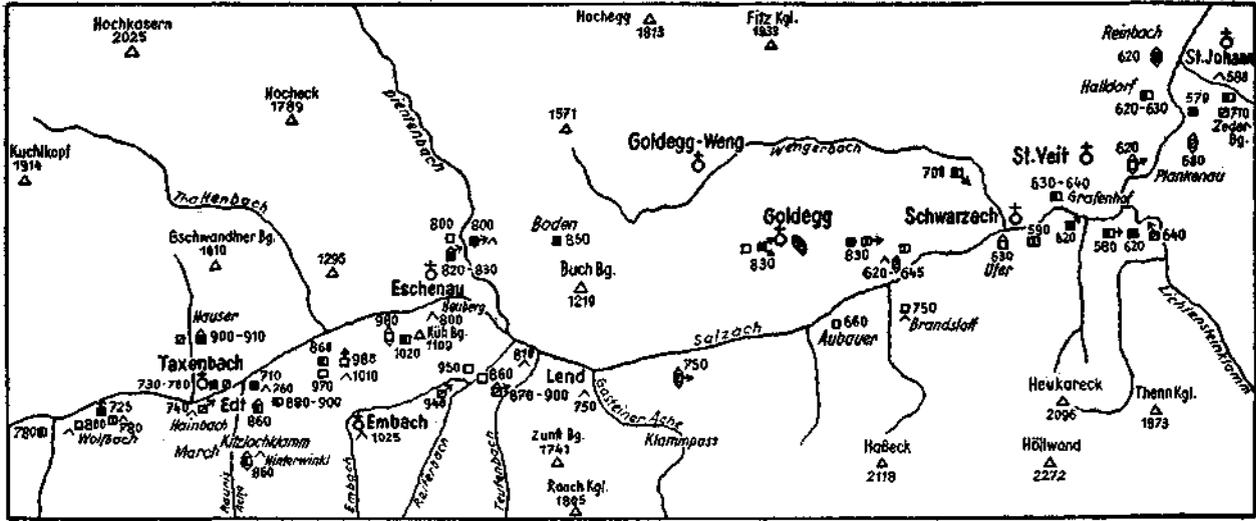
Nach Wehrli (61) und eigener Beobachtung erstreckt sich nämlich ein von Seefeldner nicht erwähntes Sediment westlich Steger bei Goldegg bis 620 m, also tief unter das Niveau der genannten Terrasse. Besonders beweiskräftig ist das zum Komplex der Embacher Ablagerungen gehörige und daher „ältere“ Konglomerat etwas östlich der Raurisachenmündung, das seinem tiefen Niveau nach (710 m) nur zu Seefeldners „jüngeren“ Bildungen gehören könnte.

Drittens läßt sich entgegen Seefeldner bei seinen „älteren Schottern“ nicht durchweg ein höherer Verwitterungsgrad der Geschiebe, häufige Rostfärbung und stärkere Verfestigung feststellen. Vielmehr wechseln diese Befunde auf engem Raum sehr rasch, wie die Übersichtsskizze der Sedimente (Fig. 2, S. 204) zeigt.

So machen die Schotter bei Embachrain einen sehr jungen Eindruck, da sie trotz vieler Geschiebe aus der Klammkalkzone nur stellenweise verkitet sind. An der Embacher Plaike fällt auf, daß meist die höher gelegenen Partien stärker verfestigt sind als die tieferen (Pencik, 36). Ein in der Literatur noch nicht erwähntes Bänder-tonvorkommen östlich des Goldeggersees, das unmittelbar an ein Konglomerat anschließt und wie dieses von Hangendmoräne bedeckt wird, hätte bei der geringen Widerstandsfähigkeit dieses Materials kaum zwei Vergletscherungen überdauert, was der Fall sein müßte, wenn es wirklich aus dem M-R-Interglazial stammte.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die „älteren“ Sedimente zwar stellenweise einen höheren Verfestigungsgrad aufweisen, der

Die interglazialen Ablagerungen (Schofter bzw. Konglomerate) im Unterpinzgau und Pongau.



* stark verfestigt, ■ stark u. schwach verfestigt, ○ schwach verfestigt, ◻ mäßig verfestigt, ◻ außen verfestigt, ⊕ z. T. verwittert,
 ⊕ allgemein verwittert, ^ Moräne, ▲ Einfallen d. Schotter.

jedoch keinesfalls einen Vergleich mit dem M-R-Konglomerat des Mönchsberges in Salzburg aushält, das auch als Baustein Verwendung findet, was bei den Ablagerungen der Taxenbacher Enge niemals möglich wäre, da deren Verfestigung meist überhaupt nur äußerlich ist.

Del Negro (7, S. 162) hat dagegen eingewendet, daß beim Mönchsberg die starke Verfestigung durch Kalkzement erzeugt wurde, während in der Taxenbacher Enge, wo die Schotterzufuhr aus dem Rauristal erfolgte, Kalkzement im allgemeinen fehlte. Dieser Einwand übersieht, daß die Ache kurz vor ihrer Mündung die Klammkalkzone durchbricht, so daß auch hier reichlich kalkiges Material zur Verfügung stand.

Der lokal rasche Wechsel in der Verkittung mag auf das Vorhandensein oder Fehlen kalkhaltiger Quell- und Bodenwässer zurückgehen. Der beobachtete veränderliche Verwitterungsgrad der Gesteine wird z. T. auch davon abhängen, ob das Sediment auf trockener Höhe, im Löß der herrschenden Regenwinde oder gegen diese exponiert abgelagert wurde oder ob es sich in feuchten Gräben befindet wie im Pfarrwald. Ferner ist die Intensität der Verwitterung durch die größere oder geringere Verwitterungsfähigkeit der Geröllkomponenten bedingt und braucht nicht immer auf ein höheres Alter zurückgehen. Andererseits tritt im Bereich der „jüngeren“ Ablagerungen, wie auch Seefeldner erwähnt, mehrfach eine allerdings nur äußerlich sehr starke Verfestigung auf, so daß auch sie kein einheitliches Verhalten in bezug auf den Verfestigungsgrad zeigen.

Ein viertes sehr wichtiges Argument gegen die altersmäßige Gliederung der Ablagerungen ist der Umstand, daß sich von den nach Seefeldner älteren Konglomeraten bisher keine Gerölle oder Bruchstücke in den jüngeren finden ließen. Gegen eine chronologische Differenzierung der Sedimente sprechen auch Äußerungen einiger Autoren. Brückner (5) bemerkt, daß der Embacher Schotter viel zu locker und frisch aussehe, um als Hochterrassenschotter bezeichnet zu werden. Obwohl es sich nun um eine interglaziale Ablagerung handelt, zeigt doch seine Bemerkung, daß auch er das Material für jung hielt. Wehrli (62) betont, es sei nicht möglich, die hochgelegenen Schotter von den übrigen R—W-interglazialen Sedimenten des Salzachtales zu trennen.

Die obigen Erörterungen haben gezeigt, daß eine Gliederung der Ablagerungen des Unterpinzgaus und Pongaus in ältere und jüngere nicht aufrechtzuerhalten ist. Ihrer Lagerung nach sind sie als interglazial im allgemeinen anzusehen. Das überwiegend frische Aussehen und der größtenteils mäßige bis geringe Verfestigungsgrad, sowie ihre Bedeckung lediglich durch Jungmoräne legt uns nahe, sie insgesamt in die R—W-Zwischeneiszeit zu stellen.

Bei Annahme der Gleichaltrigkeit der Schotter und Konglomerate ergibt sich nun eine viel einfachere Vorstellung über den Verlauf dieser Dislokationsphase in der Taxenbacher Enge: Nach der R-Ver-gletscherung stand den Bächen sehr viel Material zur Verfügung, das infolge des plötzlich verringerten Gefälles an der Mündung ins Haupttal in Form gewaltiger Schwemmkegel, möglicherweise in einen Stausee hinein, aufgeschüttet wurde. Dieser Vorgang mag

noch durch eine relative Senkung im Salzachtal vom Oberpinzgau bis zum Pongau unterstützt worden sein, wie sie uns heute noch westlich Bruck entgentritt und der geologisch begründeten Vorstellung einer labilen Zone im Störungsbereich des Tauernnordrandes adäquat ist. Auch die besonders im Pongau beträchtliche glaziale Übertiefung des Haupttales hat die Aufschüttungsmächtigkeit gefördert. Daß aber die Übertiefung allein keinesfalls zur Erklärung der großen Aufschüttungsbeträge hinreicht, geht daraus hervor, daß sich die Zuschüttung weit über das Niveau des präglazialen Talbodens erhebt. (Auf der Westseite des Kühberges um 80 m.) Noch im R—W-Interglazial müssen dann die Schotter intensiv erodiert worden sein, da sie die Hangendmoräne stark diskordant abschneidet (Wehrli, 62). In dieselbe Zeit muß auch eine Hebung bei Taxenbach fallen, weil, wie Wehrli und Cornelius (13) richtig erkannt haben, die W-Moräne die gehobenen Schotter von Embach scharf schräg kappt. Seefeldner (49) gelangte aus dem allerdings zu Unrecht angenommenen Fehlen von R—W-interglazialen Ablagerungen zwischen Taxenbach—Schwarzach zu demselben Zeitpunkt. Brückner (5) setzte die Hebung fälschlich ins Postglazial. Jedenfalls kann sie nicht vor Beendigung der Zuschotterung erfolgt sein, da sonst so große Sedimentmächtigkeiten schwer möglich wären.

Seefeldner wollte aus der wechselnden Korngröße der Sedimente auf einen gewissen Hebungsrythmus schließen. Der Abfolge von feinerem, gröberem und wieder feinerem Kaliber entspreche ein langsamer Beginn der Hebung, eine allmähliche Zunahme der Intensität und schließlich ein Abklingen. Nun wechselt aber an der Plaik die Korngröße sehr rasch, ohne sich an einen bestimmten, durchlaufenden Rhythmus zu halten. Ähnlich ist es bei den übrigen Aufschlüssen. Durchlaufende Horizonte gleichartigen Materials fehlen, so daß sich aus den gegebenen Ablagerungsverhältnissen kein Rhythmus der Hebung ableiten läßt. Wir haben hier Sedimentationsbedingungen, wie sie an jeder Alluvialterrasse vorkommen und der differenzierten Sortierungsfähigkeit eines Flusses entsprechen, der je nach Wasserstand und Strömungsverhältnissen gröbere oder feinere Komponenten führt.

Übrigens könnte auch eine regelmäßig wechselnde Korngröße nicht mit einem Verbiegungsrythmus in diesem Gebiet zusammenhängen, da die Gerölle, wie ihre Glättung und Rundung zeigt, weit transportiert wurden und das verschiedene Kaliber daher höchstens auf Verbiegungen des Schutt liefernden Gebietes, das ist in diesem Fall der Oberpinzgau und das innere Rauristal, schließen ließe, niemals aber auf tektonische Vorgänge im Ablagerungsgebiet selbst.

Ein Problem, mit dem sich schon Wehrli befaßte, ist die verschiedene flächenhafte Verbreitung und Erhaltung der Schotter und Konglomerate (S. 204). Westlich Wolfbach fehlen nämlich die interglazialen Sedimente völlig, während sie östlich Taxenbach abrupt eine enorme Mächtigkeit erlangen. Man kann mit Wehrli annehmen, daß ein Großteil des Geröllmaterials im letzten Interglazial bereits vom Senkungsgebiet des Oberpinzgaus absorbiert wurde, wodurch für den Raum unterhalb Bruck nicht mehr viel übrig blieb und erst an der Wolfbachmündung solche Sedimente einsetzen.

(Die Aufschüttungen an der Wolfbachterrasse sind nach Braumüller (3) und eigener Beobachtung noch interglazial und nicht postglazial, wie Seefeldner glaubte.) Daß sie dann besonders östlich Taxenbach so mächtig werden, erklärt sich durch die von der Raurisache gelieferte große Geröllmenge. Östlich der Gasteinertalmündung folgen die größeren Vorkommen von Brandstatt, Aubauer und Goldegg. Weiter ist auffällig, daß die Reste der einstigen Talverschüttung hauptsächlich an der Südseite des Salzachtales erhalten geblieben sind, während am Nordgehänge nur die bescheidenen Vorkommen bei Hauser, an der Dientenbachmündung, am Scheiblingsee und die mächtigeren Ablagerungen von Goldegg vorliegen. Die Bevorzugung des rechten Talgehanges zwischen Wolfbach—Lend erklärt sich dadurch, daß Salzach und Salzachgletscher auf die Nordseite gedrängt wurden und hier stärker ausräumten. Beim Fluß erfolgte dieses Abdrängen durch die Aufschüttung des Wolfbaches und der beiden Achen, beim Salzachgletscher durch die senkrecht zur Haupttalrichtung erfolgende Einmündung des Rauris- und Gasteinergletschers, die ihn in ihrer Bewegungsrichtung an das linke Haupttalgehänge schoben. Die Embacher Schotter haben sich in einem toten Winkel im Schutze des vorspringenden Kühberges erhalten, der den Salzachgletscher staute. Die Konglomerate des Pfarrwaldes entgingen in den tiefen Gräben ihrer völligen Zerstörung. Die Ablagerungen von Goldegg erhielten sich im Schalten des Buchberges. Analog zur asymmetrischen Verteilung der Sedimente ist das fast völlige Fehlen von Moräne am Nordgehänge zwischen Taxenbach und Dientenbachmündung. Eigenartigerweise sind östlich Lend trotz Einmündung der Gasteiner Ache viel weniger Ablagerungen erhalten als westlich davon. Das erklärt sich durch die Konfluenz des Gasteiner Gletschers und das Fehlen eines schützenden Riegels; beide Faktoren begünstigten die Ausräumung.

In bezug auf den Charakter der interglazialen Ablagerungen der Taxenbacher Enge könnte man die Möglichkeit erwägen, ob sie nicht in einen ausgedehnten Stausee sedimentiert wurden, der in der letzten Zwischenzeit bestand und sich auch in das Gebiet der Taxenbacher Enge hinein erstreckte. Ampferer (13) hat für die Zellerfurche und das benachbarte Salzachtal einen solchen See angenommen, und zwar auf Grund von Verschüttungen an der Mündung des Thumers- und Urschlaubaches. Nach deren Oberkante bei Alm erschloß er seine Spiegelhöhe mit mindestens 900 m. Für den Pongau hat Seefeldner (49) in derselben Zeit ein stehendes Gewässer vermutet, und zwar auf Grund mächtiger, deltaartig einfallender Schichten am Wagreiner- und Großarlbach und bei Bischofshofen. Die horizontalen Deckschichten sind allerdings überall wegerodiert, so daß es für den Pongau unmöglich ist, die mutmaßliche Spiegelhöhe des Sees zu ermitteln. Er staute alle Seitenbäche und zwang sie zu bedeutenden Aufschüttungen an ihrer Mündung. Auch in der Taxenbacher Enge haben die Ablagerungen fast durchwegs Delta-schichtung. Wenn nun Gründe bestehen, im östlichen Oberpinzgau und Pongau einen R—W-interglazialen See anzunehmen, ließe sich auch für das Gebiet dazwischen einer vermuten. Am Westflügel der

Plaike sind tatsächlich horizontale Deckschichten über deltaartig einfallenden Schottern gegeben. Die Diskordanz liegt bei etwa 1000 m. Da der mutmaßliche Hebungsbetrag (S. 225) mit ungefähr 100 m anzunehmen ist, kämen wir auch hier auf eine Spiegelhöhe von etwa 900 m. Somit wäre es möglich, daß vom Oberpinzgau über die Taxenbacher Enge in den Pongau hinein ein großer R—W-interglazialer See bestanden hat. Diese Annahme würde die Vorstellung über den Mechanismus der Verschüttung wesentlich erleichtern. Sie könnte die große Sedimentmächtigkeit, ihr Hinweggreifen über verschiedene Terrassen und das Hineinreichen in die Seitengraben des Salzachtales am besten erklären. Daß die Deltaschichten nicht einheitlich einfallen, ist durch die verschiedenen Richtungen der Gewässer bedingt, die diesem Stausee fast von allen Seiten zuströmten. Auch die Bändertone bei Goldegg und am Ostflügel der Plaike passen zur Vorstellung eines stehenden Gewässers.

Im Anschluß an die Diskussion über das Alter, die Verbreitung und den Charakter der Schotter und Konglomerate sollen alle Beobachtungstatsachen kritisch erörtert werden, die auf eine Dislokation bei Embach hinweisen, wobei auch neue, von anderen Autoren bisher nicht berücksichtigte Gesichtspunkte zur Sprache kommen. Es stehen uns verschiedene morphologische und geologische Kriterien zur Verfügung, aus denen Verbiegungen zu erschließen sind, und zwar: das Auftreten von Schotter- und Felsterrassen und der Verlauf älterer Talbodenreste, die differenzierte Gestaltung des Querprofites, die Gefällsverhältnisse der Salzach, die Stufenmündungen und Klammern der Seitentäler als morphologische Hinweise, das Verhalten der Schotterober- und -unterkante, der unteren Moränengrenze und die Ergebnisse der Schweremessungen als geologische. Jedes dieser Argumente für sich allein könnte nichts Entscheidendes besagen, aber sie passen alle recht auffällig in das Erscheinungsbild eines sich hebenden Gebietes.

Den ersten Hinweis für eine Aufbiegung bietet das Terrassenphänomen. Im Oberpinzgau westlich Bruck bis Hummersdorf fehlen Felsterrassen nahezu völlig und Schotterterrassen oder terrassierte Schwemmkegel überhaupt; östlich Bruck aber treten zunächst etwa 5 m hohe Alluvialterrassen, terrassierte Schwemmkegel und gegen Taxenbach immer häufiger ältere, sehr klare Schotter- und Felsterrassen auf. Während sich der Mangel an Terrassen westlich Bruck recht gut in die durch Depression gekennzeichnete Tektonik der Zellerfurche einfügt, weist das sich immer intensiver entwickelnde Terrassenphänomen östlich dieses Ortes auf die Tendenz einer Aufbiegung.

Das zweite Argument für eine Dislokation bildet das Verhalten der Talbodenreste. Seefeldner hat als erster versucht, aus der Verfolgung durchlaufender Terrassen eine Aufwölbung nachzuweisen. Er unterscheidet für das Salzachgebiet sechs Talgenerationen, von denen I bis III pliozän sind, IV präglazial, V aus einem älteren und VI aus einem jüngeren Interglazial. Zunächst ist es nötig, zu überlegen, ob es sich wirklich um Talbodenreste handelt. Diese Frage ist in einem Gebiet besonders berechtigt, wo das mürbe Gestein sehr

zu Rutschungen neigt, worauf Kinzl (Exkursion 1947) hingewiesen hat. Es muß nun festgestellt werden, daß im Salzbachtal doch Formenelemente vorkommen, die jeweils die nahe der Klammüberschiebung steilgestellten Schichten schneiden und an zahlreichen Stellen über verschiedenes Material (Pinzgauer Phyllit, Serizitphyllit der Klammserie, Kalkphyllit, Klammkalk, interglaziales Konglomerat) hinweggehen. Es handelt sich also nicht um Schichtterrassen, sondern um fluviale Verebungen. Bei aller Vorsicht können wir sie dort als Talbodenreste bezeichnen, wo völlig flache, ausgedehnte und scharf begrenzte Formen entgegnetreten. Es sind dies folgende Terrassen: Hub—Weiding, Sulzau, Reith, St. Veit, Klamm, Höhenwarth, Heuberg, Boden, Eschenau, Hundsdorf, Hainbach—Edt und Wolfbach. Ein deutlicher Hinweis auf ein altes Talbodenelement ist auch mit der Hochfurche von Embach—March gegeben. Einige Schwierigkeiten bereitet allerdings die Datierung und exakte Verbindung der vorhandenen Terrassenreste, da eindeutige stratigraphische Anhaltspunkte fehlen und die Parallelisierung mit den Talböden des Vorlandes infolge der weiten Entfernung sowie der Möglichkeit jüngerer Verbiegungen innerhalb dieser Strecke problematisch bleibt. Wir können am ehesten von den Eintiefungsfolgen in der Kitzlochklamm ausgehen (S. 218), wo sich die Formen im harten Klammkalk besser als anderwärts erhalten haben. Hier lassen sich eine rezente Klamm, eine R—W-interglaziale Schlucht, ein trogförmig gestaltetes M—R und schließlich ein oberstes trogförmiges G—M, beziehungsweise aus der unmittelbar präglazialen Kerbe hervorgegangenes Profil feststellen, das seinerseits in den Talboden von Embach—March eingesenkt ist, der mithin als präglazial gelten kann, wie schon Penck, Ohnesorge und Seefeldner angenommen haben. Seine Westkante liegt über der Kitzlochklamm im Klammkalk und Phyllit bei 970 m. Im Phyllitgebiet des Salzbachtales sind die Talbodenreste weniger deutlich erhalten, was ihre Parallelisierung etwas erschwert. Es läßt sich nur sagen, daß die Terrasse von Hainbach—Edt in 740—760 m noch mit Moräne überdeckt ist, daher älter sein muß als Würm. Ferner schneidet in sie die postglaziale Schlucht der Taxenbacher Enge, was für ihr R—W-interglaziales Alter spräche, welche Datierung mit der Seefeldners übereinstimmt. Die deutlich entwickelte höhere Terrasse von Wolfbach in 850 m und die großen, zusammenhängenden Flächen von Boden bis Hundsdorf in 830 m, die tief unter dem präglazialen, aber über dem R—W-interglazialen Talboden liegen, wären dann M—R-interglazial. Damit ist ein gewisser Anhaltspunkt für die Terrassendatierung gegeben. Allerdings fehlen genaue stratigraphische Kriterien. Wir erkannten zwar das R—W-interglaziale Alter der Schotter und Konglomerate, doch sind sie in ein Erosionsrelief hinein abgelagert, d. h. über die einzelnen Talböden hinweggehend, so daß sie uns keinen sicheren Anhaltspunkt für die Terrassendatierung bieten. Dazu gibt es stellenweise eine größere Zahl von Resten, als sie in das Schema passen, was ihre Einordnung erschwert. Andererseits fehlen, wie am Südfall von Gschwandner- und Buchberg, deutlich ausgeprägte Verflachungen fast ganz. Trotz der angedeuteten Schwierigkeiten lassen sich

drei Terrassensysteme mit jeweils auf längere Strecken hin erkennbaren Resten durch die Enge verfolgen, die wir analog den ineinandergeschachtelten Querprofilen an der Rauristalmündung als präglazial, M—R- und R—W-interglazial datieren können.

Die Untersuchung ihrer Gefällsverhältnisse soll zeigen, ob sie eine Aufbiegung bei Embach beweisen. Der präglaziale Talboden liegt bei Sulzau an der Großarlachenmündung in 820 m, bei Höhenwarth und Klamm 880—900 m (8% Gefälle), am Teufenbach 920 m, westlich Embach bei Hinterwinkel 970 m (18%), bei March 960 m (15%) und weiter westlich bei Rieser 920 m und Wiesfleck 930 m. Von hier taleinwärts wird die Verfolgung schwierig, da die Talgehänge recht unregelmäßig und vielfach getreppt sind, so daß es dann oft wirklich nur Ansichtssache ist, welche der vorhandenen Geländestufen, die vielleicht oft nichts anderes als Marginalterrassen, Marken einer Eisstromhöhe beim Gletscherrückgang bilden und mit Talgenerationen nichts zu tun haben, miteinander verbunden werden. Diese Formen können auf kurze Strecken ganz gut ausgeprägt sein, verlaufen sich aber dann im Gehänge und setzen in einem höheren oder tieferen Niveau wieder ein; es sind nur Gehängeknicke oder geringfügige Verflachungen und nicht ausgeprägte Terrassenebenenheiten. Diese mangelhafte Erhaltung der Talbodenreste mag auf das mürbe, zu Rutschungen neigende Gestein zurückzuführen sein, dem nennenswerte Einschaltungen härteren Materials sehr im Gegensatz zum Gebiet östlich der Raurisachenmündung nahezu ganz fehlen. Jedenfalls läßt sich im Bereich der Taxenbacher Enge ein starkes Ansteigen des präglazialen Talbodens von der Gasteinertalmündung über den Teufenbach zur Hochfläche von Embach und von hier ein Absinken nach Westen erkennen. Er weist offensichtlich eine Verbiegung mit dem Scheitel bei Embach auf, die eine Hebung andeutet. Freilich ist dieses Argument nur dann stichhaltig, wenn die vorgenommene Verbindung der als präglazial bezeichneten Talbodenreste zu Recht besteht, was sehr wahrscheinlich ist, da sie zwischen Rauris- und Gasteinertal recht ausgedehnt und fast ohne Unterbrechung vorhanden sind. Wenn man das ursprüngliche Gefälle dieses Talbodens analog den heutigen Verhältnissen im Pongau über die Enge hinaus mit rund 3% annimmt, läßt sich aus seiner Verbiegung ein maximaler Hebungsbetrag von etwa 110 m ermitteln. Das nächst jüngere Terrassensystem V ist an der Großarlachenmündung durch die Fläche von Reith (730—740 m), besonders gut aber in der Terrasse von St. Veit (750 m) ausgeprägt und dann hauptsächlich am nördlichen Salzachtalgehänge vertreten. Es steigt westlich Goldegg bei Mayrhofer auf 800 m (11%), von hier bei Buchberg, Böden, Eschenau, Hundsdorf auf 830—840 m (14%), bei Neuhaus auf 860 m (18%) und liegt bei Schneid westlich Taxenbach in 830 m (10%), auf der Südseite des Salzachtals in Oberwolfbach in 850 m. Auch diese Gefällskurve zeigt einen deutlichen Scheitel gegenüber Embach bei Neuhaus und läßt hier auf einen Hebungsbetrag von etwa 90 m schließen. Niveau VI liegt an der Mündung der Großarlache bei Hub—Weiding 620—630 m, bei Taxbach unfern Goldegg 670 m (9%), Heuberg westlich Lend 750 m (14%), Neudegg am Nordabfall des

Kühberges 780 m (17‰), Embachrain 760 m (10‰) und Hainbach—Edt 750 m (25‰). Auch diese Kurve hat ihren Scheitel in der Nähe von Embach, und die Berechnung ergibt als Hebungsbeitrag etwa 100 m. Recht auffällig ist der Gefällsbruch der Talböden, besonders IV und VI an der Raurisachse mündung. Für Talboden V wird er nicht so deutlich, weil die Reste zu weit voneinander entfernt sind. Zu diesem Befund paßt der später erwähnte, abrupte Knick der Schotterober- und -unterkante an derselben Linie. Da für die Anlage des Achenweges durch die Klamm Brüche bedeutungsvoll sind (Höttinger, 19, Ohnesorge), könnte man hier eine allerdings sehr junge Störung vermuten. Eine Weiterverfolgung der beiden interglazialen Talböden stößt westlich Taxenbach auf die bereits für den präglazialen Talboden aufgezeigten Schwierigkeiten.

Die Untersuchung der Tallichte der verschiedenen Terrassengenerationen gestattet ebenfalls einen Schluß auf den supponierten Hebungsvorgang. Es läßt sich beobachten, daß vor allem die extremen Engstrecken nicht überall bis zu den älteren Talsystemen hinaufreichen.

Bei Taxenbach erstreckt sich das nur 50 m breite Querprofil lediglich von der rezenten Talsohle bis zur Kante der R—W-interglazialen Terrasse, die ihrerseits die beachtliche Tallichte von 750 m aufweist. Die Breite des präglazialen Talbodens ist etwa 1700 m. Unterhalb Kitzlochklamm erweitert sich die rezentale Talsohle auf 130 m, die R—W interglaziale aber wird bei Embachrain von 750 m auf 250 m verengt, während die Lichte der in den präglazialen Talboden eingesenkten Schlucht an ihrer Oberkante etwa 1700 m beträgt. Hier hat die Verengung über den rezenten Einschnitt hinaus auch das R—W-interglaziale System ergriffen und erstreckt sich, die Isohypsen des Talbodens V einschließend, bis zur Kante des Talbodens IV, der gegenüber der Strecke zwischen den Stationen Taxenbach und Kitzlochklamm eine Erweiterung von 1700 auf 2000 m erfährt, so daß in seinem Bereich von einer Enge nichts zu merken ist. Erst bei Berg erfährt er erstmalig eine Reduzierung von 2000 auf 1700 m und auch die in ihm eingesenkte Schlucht von 1700 auf 1300 m. Südlich des Kühberges, wo die alte präglaziale Furche verläuft, beträgt seine Lichte nur mehr knapp 500 m und in dem noch heute von der Salzach benützten Talzug nördlich dieses Berges erreicht sie in einer Höhe von 1000 m kaum 1100 m und zwischen Kühberggipfel und Eschenauer Köpfl etwa 1500 m, während sie in derselben Höhe wenig westlich Embach noch 2500 m beträgt. Beim Kühberg ist diejenige Stelle der Taxenbacher Enge, wo die Talenge in größte Höhen hinaufreicht. Sie erstreckt sich vom rezenten Talboden über das System VI und V bis zum präglazialen Talboden hinauf und ist auch innerhalb desselben deutlich erkennbar. Damit reicht dieser Talcharakter chronologisch gesehen bis in das Präglazial hinein. Östlich des Kühberges mündet die präglaziale Embacher Furche wieder in das heutige Salzachtal. Die Lichte des Talbodens IV erweitert sich sprunghaft auf 3000 m, jene von V auf 2200 m und VI auf 500 m, während die rezentale Talsohle im Bereich der Silurkalk an der Dientenbachmündung auf 70—80 m verengt wird. Unterhalb dieser Stelle bis zum Lender Fall nimmt sie wieder auf 120—200 m zu, während die höheren Talböden ziemlich gleichmäßig weiterlaufen. Im Bereich der Silurkalkrippe des Buchberges und der Klammkalkzone des Lender Falles erfolgt wieder eine Verengung sämtlicher Profile. Die Lichte des rezenten Talbodens beträgt nur 75 m, des Talbodens VI etwa 350 m, des präglazialen 1300 m. Ähnliche Verhältnisse liegen in dem extremen Abschnitt bei den drei Tunnels der Innsbrucker Strecke wiederum im Bereich des Silurkalkes und Kalkphyllits vor. Der rezentale Talboden weist nur 70 bis 75 m auf und diese ausgesprochene Enge reicht bis zur Kante des Talbodens VI in etwa 660 m hinauf. Der besitzt eine Lichte von gut 350 m. Der Talboden V, durch ein Kuppenniveau in 770—780 m vertreten, hat etwa

800 m, während der präglaziale 2000 m überschreitet. Hier beschränkt sich die extreme Profillänge ähnlich wie bei Taxenbach auf den rezenten Taleinschnitt.

Die geschilderten Verhältnisse zeigen, daß die besonders geringe Tallichte am West- und Ostende der Taxenbacher Enge nur für das jüngste Profil gilt, daß sie aber gegen Embach zu von beiden Seiten her auf immer höhere Talböden übergreift und schließlich beim Kühberg über die beiden interglazialen Terrassen hinweg auch das präglaziale Tal erfaßt. Sie hat also hier bereits im Präglazial bestanden und sich, was besonders wichtig ist, an dieser Stelle durch alle Talssysteme hindurch erhalten. Diese morphologischen Beobachtungstatsachen deuten ebenfalls auf die größte Intensität des Engencharakters im Bereich von Embach und damit auf eine Aufbiegung in diesem Gebiet, da sich hier keine petrographischen oder glazialmorphologischen Gründe für eine derartig lang andauernde Verengung des Querprofils erkennen lassen. Nur später erörterten Talverengungen ist eine gewisse Wirkung zuzuschreiben.

Höttinger (19) glaubt, aus der unterschiedlichen Höhenlage der Talböden bei Fusch (810 m), Rauris (912 m) und Dorfgastein (840 m) auf die Verbiegung schließen zu können. Doch dürfte die tiefere Lage von Fusch in erster Linie mit der bedeutenderen Mächtigkeit des Fuschergletschers zu erklären sein, der Niveauunterschied des Talbodens von Gastein gegenüber dem von Rauris aber aus dem größeren Wasserreichtum der Gasteiner Ache. Auf keinen Fall läßt der Vergleich der genannten Talbodenhöhen, selbst wenn sie in Beziehung zur Aufwölbung stehen sollten, was ja theoretisch möglich ist, eine auch nur ungefähre Ermittlung des Hebungsbetrages zu.

Es ist noch wichtig, festzustellen, ob auch die Talbodenreste der Seitentäler eine Verbiegung andeuten. Im Rauristal beobachtete Schmuck (43) ein Ansteigen des Firnfeldniveaus und der Hochtalbodenleisten trotz der Annäherung an das Haupttal und deutet dies als Zeichen einer Aufbiegung. Ich konnte diese Angaben nicht nachprüfen. Jedenfalls kommt am Talausgang die Mündungsstufe auch in den älteren Terrassen deutlich zum Ausdruck.

Während der Höhenunterschied zwischen dem rezenten Haupt- und Nebentalboden 100 m beträgt, ist der Wert für das Niveau VI (dessen Alter durch interglaziales Konglomerat südlich der Klamm belegt ist) und V 120 m, was sich daraus erklärt, daß die Hebung auf die älteren Talböden länger eingewirkt hat als auf den rezenten und der Verbiegungsbetrag für jene daher etwas größer ist. Da die R-W- und M-R-Terrasse um dasselbe Ausmaß stärker verbogen sind als die rezente Talsohle, muß die Dislokation hier im R-W-Interglazial begonnen haben. Hätte sie schon früher eingesetzt, müßte der ältere Talboden einen höheren Verbiegungsgrad aufweisen. Dieser Unterschied von 20 m ist jedenfalls auf Konto der Hebung zu setzen.

An der Gasteinertalmündung beträgt der Höhenunterschied zwischen dem Haupttalboden bei Lend (630 m) und dem Nebentalboden bei Klammstein (780 m) 150 m. Die Parallelisierung der interglazialen

Terrassen oberhalb und unterhalb der Stufe ist im Gegensatz zum Rauristal recht schwierig, da sie südlich der Klamm nur äußerst spärlich vertreten sind und auch stratigraphische Kriterien für ihre Altersbestimmung fehlen. Der präglaziale Talboden aber ist in gut erhaltenen Resten südlich der Stufe in 1050 m und auf größere Erstreckung als Leiste innerhalb der Klamm in ähnlicher Höhe vertreten. (Die Ansicht Seefeldners (48), daß er sich oberhalb Klammstein in nur 900 m Höhe befinde, ist unmöglich.) Da er nördlich der Klamm in 900 m liegt, weist er ähnlich wie die heutige Talsohle einen Gefällsbruch von 150 m auf, spiegelt also die rezente Mündungsstufe wider. Denken wir uns seine Reste mit dem Gefälle von 9‰, wie es dem jüngsten Talboden zwischen Dorfgastein—Klammstein entspricht, bis zur Mündung fortgesetzt, so ergibt sich ein Höhenunterschied von 120 m. Dieser kann aber nicht einfach als Verbiegungsbetrag aufgefaßt werden, da auch der Anteil des harten Gesteins an der Stufenbildung zu berücksichtigen ist, dessen Größe sich rechnerisch nicht ermitteln läßt. Weil der Gefällsbruch des präglazialen Talbodens dem des rezenten entspricht, kann nicht ohne weiteres auf eine schon vor der Eiszeit einsetzende Hebung geschlossen werden, vielmehr ist mit einer solchen wesentlich jüngeren Datums zu rechnen, wohl mit der Wirkung einer R—W-interglazialen Phase. Daß neben der jungen Verbiegung die 1000 m breite Klammkalkzone große Bedeutung für die Stufenbildung hatte, ersehen wir aus dem Durchziehen präglazialer Talbodenreste in der Klamm gut 300 m unter der Oberkante des Klammriegels. Er muß also schon damals in großer Mächtigkeit vorhanden gewesen sein. Seine Entstehung ist zu einem guten Teil gesteinsbedingt.

Einen weiteren Hinweis auf Verbiegungsvorgänge gibt die Gestaltung des Salzachtalquerprofiles. Innerhalb der gesamten Taxenbacher Enge lassen sich drei Abschnitte herausgliedern, deren Querschnitt extrem schmal ist, und zwar eine klammartige Zone zwischen den Stationen Taxenbach und Kitzlochklamm, eine Schluchtstrecke von hier bis Lend und wieder ein Klammprofil bei den drei Tunnels. Dazwischen schalten sich Bereiche mit breiterem Talboden und gemäßigten Böschungen ohne Felsabfälle ein. Diese bisher kaum beachtete Differenzierung ist talgeschichtlich bedeutungsvoll. Die erste klammartige Strecke kündigt sich schon bei Hasenbach an, wo die Salzach erstmalig festes Gestein anschneidet. Der Klammeschnitt liegt in einheitlichem, tektonisch stark beanspruchtem, parallel zur Salzach streichendem Pinzgauer Phyllit ohne Kalk- oder Kalkphylliteinschaltungen. Aus petrographischen Gründen wäre kein Anlaß zur Engenbildung gegeben gewesen. Trotzdem überwiegt hier völlig die Tiefenerosion, so daß die Talgehänge vielfach noch nicht abgschrägt sind. Dies ist bemerkenswert, da südlich der benachbarten Kitzlochklamm in den dem Pinzgauer Phyllit morphologisch gleichwertigen Phylliteinschaltungen innerhalb der Klammserie die extremen Profilformen nicht beständig waren, während sie sich bei Taxenbach erhalten konnten. Offensichtlich hat die Salzach in dieser Engtalstrecke einen ausgesprochenen Impuls zum Einschneiden erhalten, der Fluß arbeitet schon hier in einer Aufbiegungszone.

Unterhalb der Raurisachenmündung erweitert sich das Klammzum Schluchtprofil, doch überwiegt noch die Tiefenerosion. Die Talsohle ist nur 100 m breit. Die Gesteinsverhältnisse der Klamm setzen sich bis gegen Eschenau fort. Hier biegt der Fluß nach SO um und quert die W- bis WSW-streichenden Schichten fast oder ganz senkrecht, was die Talverbreiterung beeinträchtigt hat. Vom Kühberggipfel, der fast vornübergeneigt ist, stürzen steile Felswände ab, eine für den Phyllit eigenartige Formung. Ähnlich ist es gegenüber beim Eschenauer Köpfl (Profil 4). Man könnte in diesem Gebiet an die Wirkung einer außerordentlich raschen Heraushebung oder gar an einen Abbruch denken. Falls tektonische Zeugen eines solchen Vorgangs vorhanden waren, konnten sie sich im weichen Material schwer erhalten. Hier liegt der einzige Abschnitt der Taxenbacher Enge, wo das schmale Querprofil bis 1100 m emporreicht, wenn es auch nicht so extreme Formung zeigt wie das benachbarte klammartige Gebiet. Gesteinsbedingt ist dies nicht, da Kalkeinschaltungen fehlen. Nur die Richtungsänderung der Salzach zum Schichtstreichen mag von gewissem Einfluß gewesen sein. Das entschiedene Überwiegen der Tiefenerosion deutet an, daß der Fluß einen besonders starken Impuls zum Einschneiden empfangen hat und daher trotz des weichen Materials kaum Zeit für die Seitenerosion blieb. Es handelt sich offenbar um eine Strecke beständiger, seit langer Zeit wirksamer, extremer Tiefenerosion auf eine Höhendistanz von 400 m, und zwar gerade im Bereich von Embach. Dieses starke Überwiegen des Einschneidens der Salzach gegenüber der Talverbreiterung läßt auf Mitwirkung einer Aufbiegung schließen, deren Maximum, formenanalytisch gesehen — ich verweise noch einmal auf die Steilabfälle des Kühberges — bei Embach zu suchen ist. Die morphologische Gestaltung spricht für aufsteigende Entwicklung eines Talabschnittes in einer sich hebenden Scholle. Im Phyllit wären die extremen Hangformen nicht beständig, wie die Verhältnisse südlich der Gasteiner- oder Kitzlochklamm zeigen, wo jede Phylliteinschaltung eine Profilverbreiterung bedingt.

Von Lend an fließt die Salzach wieder im Schichtstreichen. Der Talboden verbreitert sich stellenweise auf 250 m, die Böschungen sind mäßig. Als wichtiges das Talprofil modifizierendes Element treten unterhalb Eschenau bis gegen Schwarzach mehrfach Kalkphyllit- und Kalkzüge über die Salzach. Der erste setzt etwas östlich der Dientenbachmündung ein und bedingt steile Wandabfälle. Von Lend bis gegen Brandstatt erweitert sich das Tal, dann aber folgt eine neuerliche klammartige Strecke, die z. T. ebenso extrem ist wie bei Taxenbach. Sie schneidet, ohne in größere Höhen emporzureichen, in den Talboden VI ein, der hier in 660 m vertreten ist. Die Entstehung dieser neuerlichen Enge (bei den drei Tunnels der Innsbrucker Bahn) ist durch mehrere Faktoren bedingt: zunächst sind es die petrographischen Verhältnisse. Hier streichen vom Buchberg herüber Kalkphyllite und massige, harte Silurkalke quer über die Salzach. Dann biegt der Fluß an dieser Stelle nach Norden um und quert das Schichtstreichen unter rechtem Winkel. Der große Einfluß des Gesteinsverlaufes läßt sich dort erkennen, wo die Salzach zwar

im harten Kalk, aber parallel zum Streichen fließt und das Profil sofort gemäßiger wird. Als dritter Faktor ist ein Hebungsimpuls anzunehmen, der den Fluß veranlaßte, sich auch in hartem Gestein rasch und tief einzuschneiden, nachdem er, durch später erörterte Vorgänge (S. 231) bedingt, die Talfurche bei Brandstatt verlassen hatte.

Die Untersuchung des Salzachtalquerprofiles hat ergeben, daß in der Taxenbacher Enge zwei klammerartige Strecken vorliegen, für deren Entstehung ein Mitwirken der Hebung angenommen werden muß, wenn sie auch nicht der allein entscheidende Vorgang war, und dazwischen eine extreme Schluchtstrecke, wo der Aufwölbung ein sehr wesentlicher Anteil an der Profilgestaltung zukommt.

Ein anderer wichtiger Hinweis auf Hebungsvorgänge ist die konvexe Hangbildung im Bereich der Taxenbacher Enge. Nach ersten Andeutungen östlich Bruck ist dieses Phänomen bei Wolfbach—Taxenbach intensiv entwickelt (Profil 3). Damit gewinnt die Vermutung, daß die Klammstrecke hier auch durch Hebung mitbedingt ist, eine wichtige Stütze. Am stärksten konvex sind die Gehänge besonders der Südseite zwischen Rauris- und Gasteinertalmündung, also wieder im Bereich von Embach, ein neuerlicher Hinweis auf ein Maximum der Hebung in diesem Gebiet. Im Rauristal steigert sich der Grad der Verwölbung der Gehänge mit Annäherung an das Haupttal. Östlich der Gasteinertalmündung klingt das Phänomen allmählich ab, ist aber im Bereich von Brandstatt noch deutlich genug, um eine Mitwirkung der Hebung an der Ausbildung des Klammprofiles annehmen zu können.

Eine Parallele zur eigentümlichen morphologischen Gestaltung der Salzachtalstrecke zwischen Taxenbach—Schwarzach bilden deren Gefällsverhältnisse. Die Talsohle fällt von Mittersill bis Bruck 13‰ , Taxenbach 55‰ , Wirtshaus Unterstein 7‰ , Dientenbachmündung 12‰ (Maximalwert), Lend 8‰ , Wegscheidhäusl westlich Schwarzach 47‰ und St. Johann 24‰ . Die Gefällskurve versteilt sich zunehmend von Bruck bis Embach, wo sie ihre stärkste Aufbiegung erreicht, um nach Osten wieder allmählich zu verflachen. Mithin deuten die rezenten Gefällsverhältnisse ähnlich wie die Hangformen und die Gestaltung des Querprofiles auf ein Maximum der Aufbiegung im Bereich von Embach.

Auch die Mündungsformen der Seitentäler entsprechen der Eigenart eines Hebungsgebietes. Während im Oberpinzgau vom Stubachtal nach Osten Stufen am Talaustritt fehlen, setzen das Rauris- und Gasteinertal mit einem 100, bzw. 150 m hohen Gefällsbruch ab (Profil 7, 8). Auf der Nordseite kommen Tratten- und Dientental in engen, tiefen und gefällsreichen Schluchten zur Salzach. Alle kleinen Seitengräben besitzen hohe Stufenmündungen, oft mit Wasserfällen. An sich ist das Vorkommen von Hängetälern noch kein Hinweis auf Hebung. In unserem Fall aber fügen sich diese Formen harmonisch zu den Beobachtungstatsachen, die für Hebung sprechen. Wenn auch die Härte und Lagerung des Gesteins, die differenzierte Erosionskraft von Haupt- und Nebenfluß, von Haupt- und Nebengletscher, an der

Bildung dieser Mündungsformen ihren Anteil hatten, so muß doch auch ein Mitwirken der Hebung in Betracht gezogen werden.

Wichtig ist, daß die Mündungsstufen an der Grenze von Klammkalk und Phyllit liegen. Die Achen waren durch harten, vielfach massigen, querstreichenden, steil oder saiger stehenden Klammkalk in der Erosion behindert, während die Salzach im Streichen weichen, tektonisch zerrütteten Pinzgauer Phyllits arbeiten konnte. Der Klammkalk ist ein Wand- und Stufenbildner. Wo er fehlt, wie an der Tratten- und Dientenbachmündung, haben wir trotz geringer Wasserfülle keine Stufe. Auch im untersten Rauristal liegt im Phyllit kein Gefällsbruch. Ebenso haben die kleinen Seitentäler in diesem Gestein trotz geringen Wasserreichtums viel niedrigere Stufen als die kräftigen Achen im Klammkalk. Die Bedeutung der Schichtlagerung für die Erosion zeigt die Tatsache, daß dort, wo die Achen streckenweise im Streichen fließen, das Profil schlagartig gemäßigter wird. In den saiger stehenden Klammkalcken beim Lender Fall und am Nordrand der Kitzlochklamm ist die Stufenbildung besonders extrem. In der Gasteinerklamm aber ermäßigt sich das Gefälle im Bereich flach lagernder Gesteine. Auch die große Mächtigkeit der Klammkalkzüge — der Hauptzug in der Gasteinerklamm ist an die 1000 m breit — hat die Tiefenerosion behindert.

Glaziale Konfluenzwirkung ist bei der Stufenbildung kaum von größerer Bedeutung gewesen. Der Salzachgletscher war nämlich durch die Diffluenz bei Zell am See auf die Hälfte seiner Mächtigkeit reduziert. Daher konnte die Erosionskraft der Seitengletscher nicht um soviel geringer gewesen sein als jene des Hauptgletschers, wozu schon ihr wesentlich größeres Sohlengefälle beitrug. Der Nebengletscher drängte den Hauptstrom an die Nordseite des Salzachtals, so daß am Talausgang der Stufenabfall weniger angegriffen wurde. Die rechtwinkelige Einmündung der Seitengletscher, die Enge des Haupttales haben Eisstau, Stagnieren der Eismassen bewirkt und die Glazialerosion verringert. Aber auch die subglaziale Korrosion an Grundspalten, die nach Sölch (56) für die Stufenbildung wichtig sein kann, konnte hier keine große Rolle spielen, da der Gletscher weit über 1000 m mächtig war, die Spalten also den Grund nicht erreichten. Höchstens während eines Rückzugs halbes wäre eine solche Wirkung denkbar. Ferner mag eine gewisse Erosion des Hauptgletschers am Stufenfuß übertiefend gewirkt haben. Die Haupttätigkeit des Salzachgletschers äußerte sich aber weniger in Tiefen- als in Seitenerosion. Dies zeigt die sprunghafte Verbreiterung der Tallichte vom Terrassenniveau 750 m an um 300 m und mehr unterhalb der Seitentalmündungen.

Zwei Beobachtungstatsachen sprechen für den Anteil der Hebung bei der Bildung der Mündungsstufen: In der Serizit-Phyllitzone des Wegmachergrabens (Gasteinertal) haben wir trotz des sehr mürben Gesteins extreme Querprofile und Wasserfallstufen, während südlich der Klamm im selben Material nur eine stufenlose Schluchstrecke auftritt. In der genannten Zone war offensichtlich der Hebungsimpuls Ursache für das völlige Überwiegen der Tiefen- über die Seitenerosion und die unausgeglichene Gefällskurve. Für das Rauris-

tal hat die Verfolgung der Talbodenreste die Mitwirkung der Hebung bei der Stufenbildung ergeben (S. 212). Für die Gasteinerstufe erhebt sich die Frage, ob nicht auch die Bruchtektonik Bedeutung hatte, da sie für die Anlage der Quertalstrecke eine Rolle spielte. Der Klammkalkzug sinkt staffelförmig von S nach N gegen die Hauptstörungszone des Salzachtales zu ab (1400 m unteres Klammende, 1000 m südlich des Wegmachergrabens, 800 m nördlich davon, 750 m Lender Fall) und ebenso innerhalb der Klamm beiderseits der Ache mit Absätzen in 1450 und 1270 m. Auf diesen sehr zeichnenden Zug im Landschaftsbild wurde ich durch Herrn Prof. Kinzl aufmerksam gemacht. Harnischflächen und breite Klufflinien innerhalb und nördlich der Klamm bis zum Lender Fall stützen die Annahme einer Bruchtektonik, deren Alter sich freilich schwer feststellen läßt. Sie muß jedenfalls älter sein als die prä- und interglazialen Talbodenreste, da diese die Störungen abschneiden. Weil sich ferner die Terrassen an der Mündung des Gasteinertales im Haupttal auf- und abwärts verfolgen lassen, dürfte eine unmittelbare Beziehung zwischen der Stufenbildung und den Störungen nicht gegeben gewesen sein. Das Verhalten der kleineren Seitentäler beiderseits der Salzach deutet ebenfalls auf Mitwirkung der Hebung bei der Entstehung der Stufenmündungen. Teufenbach und Embach haben ihren Ausgang in mürbem, kalkarmem bis kalkfreiem Pinzgauer Phyllit. Trotzdem liegen hier typische Hängetäler mit extremen Querprofilen und konvexer Hangbildung vor, wobei sich dieses Phänomen mit Annäherung an das Haupttal verschärft. Wenn auch verschiedene andere Faktoren die Erosion hemmen konnten (Bachverlauf quer zum Schichtstreichen, geringe Wasserfülle, glaziale Ubertiefung des Haupttales, da in diesen kleinen Seitentälern ein Lokalgletscher fehlte, Talrichtung quer zum Salzachgletscher), so müssen wir doch ein Mitwirken junger Hebung annehmen, da sonst die Erhaltung so extremer Mündungsformen in diesem zu Rutschungen neigenden Gestein nicht denkbar wäre. Ganz allgemein fügen sich die unausgeglichene Längs- und Querprofile der Seitentäler harmonisch in das Formenbild einer sich hebenden Scholle.

Die Annahme, daß bei der Bildung der Mündungsstufen Hebung stark mitbeteiligt war, führt zur Vermutung, ob es sich dabei nicht überhaupt um umgewandelte Gefällsteilen im Sinne Sölchs handelt, an deren endgültiger Formung der Wechsel glazialer und fluviatiler Erosion maßgebend beteiligt war. Die erste Frage ist: Hatten die Seitentäler schon im Präglazial Mündungsstufen? Im Rauristal kann die heutige Klammstufe mit der Lage des präglazialen Talausganges nichts mehr zu tun haben, da dieser südlich der Klamm lag, wo auch der damalige Salzachtalboden verlief. Die Mündung ist seither der nordwärtswandernden Salzach nachgerückt, wobei Riegel und Stufe entstanden. Es konnte für die Rauristalmündung ein Einsetzen der Hebung im letzten Interglazial wahrscheinlich gemacht werden (S. 212) und damit ein wenigstens z. T. tektonisch bedingter Gefällbruch zu dieser Zeit. Nun war aber der Riegel damals schon 130 m hoch, da ein R—W-interglaziales Konglomerat etwa 40 m über dem heutigen Achenspiegel südlich der Klamm

auftritt. An der Riegelhöhe war die Hebung mit etwa 20 m beteiligt (S. 212). Das Zusammenfallen seiner Breite mit der des mächtigen Klammkalkzuges läßt die große Bedeutung des Gesteins erkennen, dessen Auftreten in einer seit dem R—W-Interglazial sich hebenden Scholle die Erosion der Ache in erhöhtem Maße beeinträchtigen mußte. Der Klammriegel wuchs allmählich über das Niveau der jeweiligen Talsohle heraus, wobei die Glazialerosion eine wichtige Rolle spielte. Der Raurisgletscher staute sich an ihm und am Salzachgletscher, wodurch die Erosionswirkung an dieser Stelle vermindert wurde, während sie weiter oberhalb die Talsohle tiefer legen konnte. Weil der Riegel schon im letzten Interglazial so hoch war, muß seine Bildung in früheren Epochen des Diluviums eingesetzt haben. Bereits der M—R-interglaziale Talboden schneidet an ihm ab, den er um etwa 50 m überragte. Auf seine allmähliche Bildung weist auch die Ineinanderschachtelung von Eintiefungsfolgen innerhalb desselben. Da die Hebung erst im R—W-Interglazial einsetzte, der Riegel aber schon früher nachweisbar ist, muß seine Entstehung vor allem petrographisch bedingt sein. Es ist mithin hier nicht der typische Fall einer umgewandelten Gefällssteile gegeben. Etwas anders liegen die Verhältnisse im Gasteinertal. Hier erhebt sich der heutige Klammriegel, auf der Westseite 1442 m hoch, weit über das Niveau des präglazialen Talbodens, dessen Reste südlich der Klamm in 1050 m, nördlich in 900 m auftreten, war also schon voreiszeitlich da. Für sein noch höheres Alter sprechen über dem Niveau der präglazialen Leisten gelegene Talbodenreste, die bereits an ihm absetzen. Aber auch er ist in seiner Entstehung in erster Linie gesteinsbedingt (S. 213).

Daß jedoch bei der Gasteiner- und Rauristalmündung der Wechsel von Glazial und Interglazial seine Spuren an der Gestaltung der Stufen hinterlassen hat, zeigt die Ineinanderschachtelung mehrerer Profile in beiden Klammern. Jeweils ist ein glazial nicht bearbeitetes, also rezentes Klammprofil in ein Schluchtprofil eingeschaltet, dessen obere Partien schon Beinflussung durch den Gletscher zeigen, dieses wieder in ein trogähnliches, breiteres mit deutlicher eiszeitlicher Formengebung und das vorletzte schließlich in ein weit offenes, trogförmiges höchstes Profil. Offenbar haben glaziale und fluviatile Kräfte im Wechsel an der Zerschneidung der Stufen gearbeitet. Das harte Gestein hat die einzelnen Formen gut bewahrt. Das Längsprofil beider Täler zeigt die Aufeinanderfolge von Schlucht- und Klammstrecken, was durch mehrere Hebungsphasen erklärt werden könnte, wenn nicht diese Abfolge so auffällig mit dem Wechsel von Klammkalk und eingeschalteten Phyllitzone in Korrelation stünde. Eine reinliche Scheidung dessen, was bei Entstehung dieser differenzierten Profile auf Konto der Gesteinsqualität und was auf phasenhafte Hebung gesetzt werden muß, ist äußerst schwierig. Da auch aus der Verfolgung des präglazialen Talbodens ein eindeutiger Schluß auf eine voreiszeitliche, tektonisch bedingte Gefällssteile nicht ausreichend belegt werden kann, läßt sich nicht sicher feststellen, in welchem Ausmaß die Mündungsstufen auf umgewandelte Gefällsstufen zurückgehen. Seite 224/225 kann aber gezeigt werden, daß tat-

sächlich mehrere Hebungsphasen wahrscheinlich sind, weshalb die Abfolge von Schlucht- und Klammstrecken von diesen Vorgängen mitbedingt sein mag. Damit hätten bei der Entstehung der Stufengliederung auch tektonische Ereignisse mitgewirkt, wodurch sich ein Hinweis auf umgewandelte Gefällsteilen ergäbe.

Eine interessante Beziehung besteht zwischen den Mündungsstufen und dem Charakter des Salzachtal- Längs- und Querprofiles, die auf den ersten Blick eine Deutung im Sinne der Theorie der aufwärtswandernden Gefällsteilen nahelegen würde. Es ist nämlich jeweils oberhalb der beiden Seitentalmündungen eine besonders enge und gefällsreiche Strecke im Haupttal (extreme Enge bei Taxenbach und bei der Eisenbahnbrücke westlich Lend), so daß man an eine Gabelung der Gefällsteilen in Haupt- und Nebental denken könnte. Doch spielen hier noch andere Faktoren herein: Bei Lend muß für die Profilgestaltung eine Mitwirkung der Silurkalk angenommen werden und bei Taxenbach junge Epigenese (S. 227/229). Eine eigenartige Differenzierung ergibt sich im Auftreten der Mündungsstufen und Engstrecken im Haupttal. Die Stufe der Raurisache liegt ein Stück oberhalb der Mündung im Klammkalk, die Talenge und Gefällsteile im Haupttal aber unmittelbar westlich der Achenmündung. Beim Gasteinertal ist es umgekehrt. Hier liegt die Mündungsstufe unmittelbar über der Salzach, die Talenge und Gefällsstörung im Haupttal aber ein Stück oberhalb der Achenmündung. Die unterschiedliche Entfernung der Mündungsstufen vom Salzachtal hängt mit dem jeweiligen Auftreten des Klammkalkzuges zusammen. Im Haupttal wurde die Gefällsteile westlich Lend erst im Silurkalk aufgehalten, während das Fortbestehen der Taxenbacher Enge gleich oberhalb der Raurisachenmündung mit junger Epigenese zusammenhängt. Für die Festlegung der Mündungsstufen war neben dem harten Gestein die Wirkung der eiszeitlichen Gletscher von Bedeutung, da während jeder Vergletscherung die Wassererosion behindert und dadurch der Ausgleich der Gefällskurve verzögert wurde. Der Eisstrom hat lediglich die fluviatilen Profile erweitert. Daß in jedem Interglazial der Fluß stärker an der Beseitigung des Gefällbruches gearbeitet hat, erkennen wir an der Ineinanderschachtelung verschiedener Querschnitte.

Die Mündungsstufen bilden keinen einheitlichen Abfall, sondern sind gemäß der Abfolge von Klammkalk und Phyllit in extreme und gemäßigte Abschnitte aufgelöst. An der Raurisachenmündung folgt auf die Schlucht im Phyllit die Klamm mit den Stufenflächen in den zwischen den Klammkalkzügen eingeschalteten Zerrüttungszonen oder weiter oberhalb in mehrfach auftretenden breiten Phyllitzügen, während die Stufenabfälle jeweils den harten, kompakten Kalkstreifen entsprechen. Offenbar hat der Wechsel von widerständigem und nachgiebigem Gestein ein gleichmäßiges Zurückwandern der Stufe verhindert und deren Auflösung in einzelne Etappen bedingt. Im selben Sinne wirkte das wahrscheinlich gemachte Auftreten mehrerer Hebungsphasen. Daß zwischen den einzelnen Stufenabfällen auch im weichen Gestein kein Talboden entstand, ist jedenfalls durch die

Aufwölbung zu erklären. Ob der Wechsel von Glazial und Interglazial die Stufenfronten versteilte, läßt sich schwer erweisen; die Möglichkeit ist aber gegeben. Wenn wir auch präglaziale Hebungen für die Entstehung präglazialer Gefällsteilen heute nicht mehr exakt nachweisen können, so müssen wir doch feststellen, daß mindestens der Gesteinsgegensatz Klammkalk-Phyllit schon voreiszeitlich gegeben war, mithin aus petrographischen Gründen ein Gefällsbruch entstehen und dann glazial zur Stufe umgestaltet werden konnte. Dies geschah hauptsächlich in jenen Phasen der Eiszeit, als die Zunge eines Nebengletschers auf der Stufenfläche lag und der Gletscherbach den Stufenabfall erodierte. Der Seitengletscher hat die Rückwanderung der Stufe verhindert, während der Hauptgletscher, am Stufenfuß erodierend, den Stufenabfall erhöhen konnte. Diese Höhe der Seitentalmündungen über dem Haupttal nimmt von Taxenbach gegen Osten zu (100, 150, 220 m). Für das Gasteinertal könnte die im Vergleich zum Rauristal größere Hebungsintensität von Bedeutung gewesen sein. Weiter talabwärts läßt sich diese Zunahme der Stufenhöhen nur mit der immer größeren glazialen Übertiefung des Haupttales erklären, die besonders im Pongau beachtlich war. Die Gesteinsverhältnisse sind nämlich bei allen drei Seitentalausgängen dieselben und die Hebung hatte zwischen Embach und Gastein ihr Maximum, so daß eigentlich das Salzachtal abwärts die Mündungsstufen immer niedriger werden müßten. Aber dafür hat jeder Seitengletscher die Erosionskraft des Hauptstromes verstärkt und dadurch eine größere Übertiefung des Salzachtales ermöglicht, wodurch die Stufenhöhe zunehmen mußte. Daß aber auch bei der Bildung der Großarlerstufe noch eine gewisse Hebung mitwirkte, zeigt die Terrassierung der inter- und postglazialen Schotterkörper in der Pongauer Weitung.

Eng verbunden mit dem Stufenphänomen ist das Auftreten der Klammern, in denen der Fluß die großen Gefällsstörungen an seiner Mündung durchschneidet. Ihre Entstehung läßt sich noch mehr als jene der Stufen auf die Eigenart des Gesteins zurückführen, doch wird an ihrer extremen Formung auch die Hebung mitbeteiligt gewesen sein. Eine der wichtigsten Ursachen für die Klammnbildung ist der Gesteinsgegensatz: Die wasserreiche Salzach konnte im weichen Pinzgauer Phyllit arbeiten, während ihre wasserärmeren Nebenflüsse gerade an der Mündung die harte Klammkalkzone durchbrechen mußten. Für die Gesteinsbedingtheit des Klammphänomens haben sich Hottinger (19), Seefeldner (50) und Cornelius (13) ausgesprochen. Hottinger verweist zum Vergleich auf das Fuschertal, wo der Kalkzug und damit auch die Klamm an der Mündung fehlt. Ähnlich ist es im Pongau: Im Klammkalkzug am Ausgang des Großarltales liegt die Liechtensteinklamm, während das unmittelbar benachbarte Kleinarltal keine Kalkzone und keine Klamm an der Mündung besitzt. Auch aus der Korrelation zwischen der Abfolge Klammkalk und Phyllit, Klamm- und Schluchtstrecken, läßt sich der Einfluß des Gesteins auf die Ausbildung des Klammphänomens erkennen. Große Bedeutung hat ferner das Schichtstreichen und -fallen. Die extremsten Klammstrecken liegen in saige-

ren, quer zum Fluß verlaufenden Schichten. Der unterste, engste Teil der Profile ist reines Werk postglazialer, fluviatiler Erosion. Es lassen sich keine Spuren glazialer Bearbeitung erkennen. Die höheren und breiteren Querschnittsformen aber zeigen, daß bei genügend lang andauernder Einwirkung der Erosion auch im Klammkalk talerweiternde Prozesse wirksam werden. Dabei hat allerdings der Gletscher mitgeholfen, indem er wenigstens schmale Zungen in die Klamm hineinlegte. In den höheren Abschnitten läßt sich auch eine trogartige Formengebung erkennen. Zwischen den zwei Klammenden des Unterpinzgaus fällt ein interessanter Gegensatz in der Profilgestaltung auf: Die Klitzlochklamm hat ein wesentlich extremeres Profil als die eigentliche Gasteinerklamm, obwohl in dieser der Riegel harten Gesteins um vieles breiter und über 400 m höher ist. Es mögen hier die relativ flache Schichtlagerung, das Eintauchen von Phyllitmulden von oben her, die doppelt so große Entfernung von der Erosionsbasis und das höhere Alter dieser Klamm eine stärkere Erweiterung des Querprofils gefördert haben. Während der Riegel der Klitzlochklamm mit seiner Oberkante nicht einmal das Niveau des präglazialen Talbodens erreicht, ziehen Reste dieser Talgeneration durch die Gasteinerklamm hindurch. Bei beiden Tälern wird das Klammphänomen mit Annäherung an die Haupterosionsbasis extremer. Im Gasteinertal haben wir südlich der Klamm noch zwei weitere Kalkzonen, nämlich jene der Brandstattwand und des Hochwaldes. Schon im Bereich des letztgenannten Zuges verengt sich das Talprofil erstmalig, bei der Brandstattwand nimmt die Tallichte weiter ab, trägt unterhalb Klammstein ausgesprochenen Klammcharakter, bis schließlich in der Zone des Lender Falles das extremste Querprofil vorliegt. Dasselbe gilt für die drei Kalkzüge im Rauristal. Diese Tatsache läßt vermuten, daß bei der Klammbildung eine gewisse Hebung mitwirkte. Ein weiteres Argument dafür ist die überaus rasche Entstehung dieser Klammten. Der jüngste Einschnitt ist trotz seiner großen Tiefe (40—70 m) postglazial. Nur die Hebung konnte den Fluß veranlaßt haben, so ausschließlich und energisch in die Tiefe zu arbeiten, so daß für die Seitenerosion keine Kraft übrig blieb. Es hat sich ja gezeigt, daß dieser tektonische Faktor auch für die Stufenbildung bedeutsam war und wir können daher seine Mitwirkung wohl ebenso für die Zerschneidung der Stufe beanspruchen. Ein Vergleich mit den Verhältnissen im Derwentgebiet (Cumberland) spricht für die Wichtigkeit der Hebung bei der Klamm-bildung. Hier fehlen Terrassen in den Tälern und Klammten an den Stufenmündungen. Auch in der widerständigen Lavaserie bei den Lodore-Fällen (südl. Kerwick) haben wir nur eine Schlucht und keine Klamm. Offenbar hat der Hebungsimpuls gefehlt, wie der Mangel an Terrassen zeigt. So möchte ich Hebungsvorgängen für die Entstehung von Klammten eine große Bedeutung zusprechen.

Zu den diskutierten morphologischen Hinweisen auf eine Dislokation in der Taxenbacher Enge lassen sich auch geologisch-stratigraphische Momente hinzufügen. Es handelt sich um den Verlauf der Schotteroberkante, den schon Seefeldner, allerdings nur im Bereich seiner älteren Ablagerungen, herangezogen hat, der Schotter-

unterkante und der unteren Moränengrenze (Wehrli, 62, Brückner, 5) sowie um die Ergebnisse der Schweremessungen.

Der jeweilige Maximalwert für die Höhenlage der Schotteroberkante ist folgender: Zederberg 710, Großarlachenmündung 730, St. Veit 760, Brandstatt 750, Goldegg 830, Boden 860, Teufenbach 900, östlich des Kühberges 950, Reiterbach 1000, Westseite des Kühberges 1010, Pfarrwald und Embachrain 970, Hauser 910, Hainbach—Edtterrasse 780 und Wolfbach 800 m. (Auf den Aufschluß bei Hauser wurde ich durch Herrn Dr. Ohnesorge aufmerksam gemacht. Es ist westlich des Dientenbaches der einzige Schotter auf dem Nordgehänge des Salzachtals.) Die Schotteroberkante steigt deutlich und stetig mit 20‰ Gefälle von St. Johann gegen ihren Scheitel bei Embach an und sinkt von hier mit 38‰ gegen Taxenbach—Wolfbach ab. Der Höhenunterschied zwischen der Schotteroberfläche am Zederberg und auf dem Kühberg beträgt 300, zwischen hier und Wolfbach 200 m.

Diese Längsprofilinie der Oberkante der Sedimente deutet auf eine Verbiegung mit dem Maximum bei Embach. Vor allem die abnorm große Höhenlage der Schotter am Kühberg spricht für Hebung seit ihrer Ablagerung, denn kein großer Fluß — und sie können bei der bedeutenden Mächtigkeit der Ablagerung und der guten Rollung der Komponenten nur von einem solchen stammen — floß im R—W-Interglazial in derartiger Höhe. Die Sedimente konnten aber auch nicht von der Raurisache in diesem Niveau abgelagert worden sein, da sich südlich der Klamm ein gleich altes Konglomerat in nur 860 m Höhe befindet. Ferner mündete die Ache im R—W-Interglazial nördlich der Klamm in die Salzach, wie die korrekte Eintiefungsfolge am Klammriegel zeigt, deren Oberkante tief unter dem Niveau der Schotter am Kühberg gelegen ist. So können wir auch aus diesem Grunde für die Salzach keine so hohe Lage annehmen, wie es dem genannten Sediment entspräche. Es bleibt daher kaum etwas anderes übrig, als das auffällige Niveau desselben durch Dislokation zu erklären. Die erwähnte Höhendifferenz von 300 m zwischen Zederberg—Kühberg kann nicht in unmittelbare Beziehung zum Hebungsausmaß gesetzt werden, da unbekannt ist, wieviel von den Ablagerungen vor ihrer Überdeckung mit Moräne fallweise abgetragen wurde. Die Verhältnisse bei Taxenbach zeigen die sehr differenzierte Wirkung der Erosion auf engem Raum, wo der Höhenunterschied der Oberkante am nördlichen und am südlichen Talgehänge 130 m beträgt. Sicher hat die Zuschüttung bei Taxenbach bis mindestens 910 m hinaufgereicht, wovon aber nur der unbedeutende Rest bei Hauser und die ausgedehnteren Ablagerungen der Hainbach—Edtterrasse erhalten geblieben sind. Trotz dieser differenziert wirkenden Erosion im Bereich der Schotter läßt aber doch der Verlauf der Oberkante im ganzen gesehen die Aufbiegung noch heute gut erkennen.

Die Verfolgung der Unterkante ist schwierig, da die Sedimente das Salzachtal im Pongau in unbekannter Tiefe unterteufen und ihre Ablagerung ganz allgemein in ein Erosionsrelief hinein erfolgte, d. h. es handelt sich um eine große, einheitliche Talverschüttung, die vom damaligen Talboden aus über die einzelnen älteren und höheren Felsterrassen hinwegsetzte. Schon Seefeldner hat wahrscheinlich deshalb für den Nachweis der Aufwölbung nur die Schotteroberkante herangezogen.

Es ergeben sich folgende Daten für die Schotterunterkante: St. Johann und Schwarzach unter dem Salzachspiegel, Teufenbach 870, Dientenbachmündung 820, Kühberg 970, Pfarrwald 880, Embachrain 870, Raurisache 710 und Wolfbach 780 m. Auch die Schotterunterkante steigt gegen Embach an ($42^{\circ}/_{00}$) und sinkt sehr abrupt gegen Taxenbach ab ($100^{\circ}/_{00}$).

Bei aller Vorsicht, welche die Tatsache der Ablagerung in ein Erosionsrelief auferlegt, läßt sich doch feststellen, daß die Unter- kante im Pongau unter den Salzachspiegel hinahtaucht, bei Embach außerordentlich hoch liegt und bei der Raurisache wieder tief hinab- sinkt, also ein ähnliches Verhalten wie die Oberkante zeigt und da- mit auch zum Hinweis auf eine Verbiegung herangezogen werden kann. Der Hebungsbetrag läßt sich natürlich aus dieser Kurve nicht ermitteln. Doch ist im ganzen der Befund sinnleitend, daß die Salzach westlich Hasenbach nur in ihre Aufschüttungen einschneidet, dann bis zum Ostende der Taxenbacher Enge nur in Anstehendes, wobei die jeweils unterste Auflagerungskante der Schotter von Westen und Osten gegen Embach fortschreitend stetig höher zu liegen kommt, und erst von Schwarzach an in ihre Aufschüttungen einschneidet.

Auch die Kurve der unteren Moränengrenze spricht für eine Dis- lokation.

Wagreinerbachmündung fast im Salzachniveau, Großarlache 35 m dar- über, Brandstatt 30, Lend 120, Heuberg 100, Eschenau nach Brückner (5) 140, Taxenbach 60 m über dem Talboden und in der Zeller Furche in dessen Niveau. Von St. Johann bis Eschenau steigt sie mit $10^{\circ}/_{00}$ Gefälle an und sinkt von hier bis Taxenbach mit $26^{\circ}/_{00}$ ab. Der Kurvenscheitel liegt nahe bei Embach.

Alle drei Profillinien haben ihren Wendepunkt bei oder in der Nähe vom Embach, ähnlich wie es die morphologischen Argumente für eine Hebung erkennen ließen. Interessant ist das jeweils allmäh- liche Ansteigen zum Maximum vom Osten her und das abrupte Absinken nach Westen. Auch die Talbodenprofile verhalten sich ähnlich. Angesichts der Tatsache, daß in der Kitzlochklamm Stö- rungen nachgewiesen werden konnten (Braumüller, Hottin- ger), die den Weg der Ache vorzeichneten, könnte man an die Mit- wirkung tektonischer Faktoren bei der Entstehung der erwähnten Gefällsknicke denken. Es würde sich allerdings um sehr junge Dislokationen handeln, die an ältere Tendenzen anknüpfen. Wir können mit der Möglichkeit rechnen, daß die starke R—W-inter- glaziale Hebung mit abrupten Störungen verbunden war.

Einen wertvollen, gewichtigen Beitrag für den Nachweis der Auf- biegun g hat die Schweremessung geliefert, deren Ergebnisse nach Schwinner (46) im Gasteinertal für die Nordseite der Tauern deutliche Anzeichen junger Hebung zeigen. Nach diesem Autor macht die Taxenbacher Enge den Eindruck eines Erosionseinschnittes in eine sich hebende Scholle. Im Rahmen der Großtektonik gesehen, liegt die Talstrecke im Bereich der durch das Auftauchen der Klammdecke gekennzeichneten Ankogel-Hochalmskulmination, so daß man die junge Hebung als Wiederbelebung alt-angelegter tektonischer Dispositionen ansehen kann.

Eine Übersicht aller für tektonische Bewegungen sprechenden Beobachtungstatsachen gibt eine gewisse Möglichkeit, diese Vor- gänge chronologisch genauer zu gliedern.

Das diskordante Abschneiden der R—W-interglazialen Schotter und Konglomerate durch Moräne zeigt das R—W-interglaziale Alter einer Hebung (S. 206). Auch die enorm große Höhenlage dieser Sedimente ist nur durch Aufwölbung nach ihrer Ablagerung zu erklären. Verschiedene Beobachtungstatsachen sprechen übrigens dafür, daß wir es mit mehreren Dislokationsphasen zu tun haben. Der breite R—W-interglaziale Schotter und anstehendes Gestein abschneidende Talboden von Hainbach—Edt beweist eine Phase der Talverbreiterung, des Stillstandes, bezw. der Verminderung der Hebung nach der erwähnten Dislokation, worauf aber der Ablagerung der W-Moräne neuerliche Aufwölbung folgte, welche durch die Verbiegung der unteren Moränengrenze und des R—W-interglazialen Talbodens, auf den diese Moränen abgelagert wurden, angedeutet ist. Denselben Schluß gestattet das Auftreten junger Mündungsschluchten am Abfall der R—W-interglazialen Terrasse von Hainbach—Edt und die konvexen Gehänge zur Salzach hinab. Wir können von einer Fortdauer der Hebung ins Postglazial sprechen. (Seefeldner 49, Wehrli 62, Cornelius 13.) Es gibt noch weitere Belege dafür: das rezente Einschneiden der Salzach in die Alluvialaufschüttungen bei Bruck—Wolfbach, die Terrassierung dieser Schotterkörper, das Fehlen solcher Ablagerungen in der Taxenbacher Enge, trotz sicher reichlicher Schuttfuhr nach der W-Eiszeit, das Vorhandensein von Stromschnellen, sowie das ungeachtet des weichen Gesteinsmaterials extreme Querprofil zwischen Taxenbach—Raurisache, das bei tektonischer Ruhe kaum möglich wäre. Aber auch die Tatsache, daß sich die Mündungsstufen der kleinen Seitentäler, obwohl im weichen Phyllit gelegen, bis heute ganz oder nahe über der Salzach befinden, sowie die Erhaltung der gesamten Taxenbacher Enge überhaupt trotz meist wenig widerständigen Materials bis in rezente Zeiten herein läßt auf die Fortdauer der Hebung schließen. Im Pongau spricht die in drei Phasen erfolgte postglaziale Zerschneidung des R—W-interglazialen Schotterkörpers ebenfalls für jüngste Dislokation. Die scharfen, glazial nicht bearbeiteten Terrassenränder zeigen, daß diese von Wehrli (61) zur St. Johanniterrasse zusammengefaßten Pongauer Schotterterrassen in ihrer heutigen Gestalt größtenteils erst nach der Eiszeit entstanden. Auch die W-Moräne reicht nirgends über deren Rand hinab. Im Gegensatz zu den Pongauer Verhältnissen gibt es im Oberpinzgau keine Anzeichen junger Hebung, sondern nur fortlaufender Senkung. Der Vergleich der Lichten älterer Talböden (S. 211/212) zeigt, daß die Hebung bei Embach nicht erstmalig nach der Ablagerung der R—W-interglazialen Schotter erfolgte, da schon der präglaziale Talboden südlich des Kühberges von 2000 m Breite bei Embachrain auf 500 m reduziert ist. Dies beweist eine durch Hebungstendenz bedingte Beeinträchtigung talerweiternder Prozesse. Die Aufwölbung muß hier am frühesten eingesetzt und mit Unterbrechungen, die sich aus der Bildung breiter M—R- und R—W-interglazialer Talböden ergeben, bis heute angedauert haben. Später wird sich zwar die Mitwirkung von Laufverlegungen der Salzach (S. 229—230) bei der Entbehung der Enge südlich des Kühberges ergeben, doch spricht der Umstand, daß auch nördlich desselben die extreme Enge bis in 1100 m Höhe verfolgt werden kann, für eine wesentliche Beteiligung des Dislokation bei der eigenartigen Gestaltung des Querprofils. Da über der Verebnung des Eschenauer Köpfls (1293) die Tallichte keinen Engencharakter hat, muß die Hebung nach der Ausbildung des auf dieser Kuppe erhaltenen oberpliozänen Talbodens III eingesetzt haben. Die in das jüngste interglaziale Niveau eingesenkte klammartige Strecke bei Taxenbach und Schwarzach zeigt ein Weiterausgreifen der Hebungswelle vom Kühberg gegen Westen und Osten nach erfolgter Ausbildung der genannten Talsohle. Dasselbe deutet auch die Verbiegung der beiden interglazialen Talböden am Ausgang des Rauristales an.

Zusammenfassend ergibt sich folgende Chronologie der Dislokationsvorgänge: Eine erste Hebungsphase fällt in das Präglazial, eine zweite vor Einsetzen der W-Eiszeit, welche die R—W-Schotter in ihre abnorm große Höhenlage brachte und eine dritte, postglaziale nach Ablagerung der W-Moräne, wie der Verlauf der unteren

Moränengrenze und die Verbiegung des R—W-interglazialen Talbodens ergibt. Für diese kann aus der Dreigliedrigkeit der postglazialen Terrassen im Pongau eine Mehrphasigkeit abgeleitet werden. Zwischen den angeführten Hebungsperioden sind Phasen mindestens relativer tektonischer Ruhe anzunehmen. Einer ersten entspricht die breite Ausbildung des M—R-interglazialen Talbodens von Boden bis Hundsorf, einer zweiten die Ablagerung des R—W-interglazialen Schotters, da dessen ungeheure Mächtigkeit bei gleichzeitiger, intensiver Hebung nicht gut vorstellbar wäre und einer dritten die Entstehung des R—W-interglazialen Talbodens, der anstehendes Gestein und R—W-interglaziale Schotter diskordant abschneidet; schließlich sind spätere, kürzere Ruhephasen für die Ausbildung der schmälere postglazialen Terrassenflächen anzunehmen. Durch diese Abfolge von Hebungs- und Ruhephasen mag auch die Auflösung der Mündungsstufen des Rauris- und Gasteinertales in mehrere Absätze wenigstens zum Teil mitbedingt sein. Mit dem Wechsel von Eiszeit und Zwischeneiszeit haben sie nichts zu tun, da z. B. in das R—W-Interglazial Hebungs- und Ruheperioden fallen. Deshalb können wir auch nicht die ineinandergeschachtelten Profile des Rauris- und Gasteinertales mit dieser Chronologie verbinden, da sie der Abfolge von Glazial und Interglazial ihre Entstehung verdanken.

Auf Grund des vorhandenen Beobachtungsmaterials besteht die Möglichkeit, den Gesamtbetrag der Hebung rechnerisch annäherungsweise zu ermitteln. Anhaltspunkte dafür ergeben sich aus der Verbiegung der Talböden IV, V und VI (S. 210—211), die jeweils etwa 100 m ergeben hat, allerdings unter der Voraussetzung, daß sich diese Terrassen vor ihrer Aufwölbung unter demselben Gefälle wie im Pongau durch die Taxenbacher Enge hindurch fortgesetzt hätten, weshalb der gefundene Betrag ein Maximalwert ist. Er muß es aber auch deshalb sein, weil noch andere Vorgänge außer der Hebung die unausgeglichene Gefällsgestaltung in der Taxenbacher Enge mitbewirkt haben. Einen ähnlichen Betrag ergibt das Profil der unteren Moränengrenze und der Schotteroberkante. Diese auffällige Übereinstimmung verleiht dem ermittelten Resultat einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit. Daß die Salzach imstande war, mit einem solchen Hebungsmaß Schritt zu halten, zeigt ihre postglaziale Erosionsleistung von 40 m in der eigentlichen Taxenbacher Enge. Seit der Ablagerung des R—W-interglazialen Schotters, der am Kühberg bis 1010 m hinaufreicht, konnte die Salzach sogar 300 m tief einschneiden. Man kann ihr daher die Leistung zumuten, einem Hebungsbetrag von 100 m entgegenzuarbeiten, zumal der lockere Schotter und der weiche Phyllit wenig Widerstand leisteten.

Als Ursache der Verbiegungen läßt sich entgegen Penck (37) nicht ohneweiters Glazialisostasie annehmen. Unvereinbar damit ist das bei Embach bereits präglaziale Alter einer Dislokation und nach Wehrli (62) der innerhalb des Salzachtals auftretende Wechsel von Hebungs- und Senkungszonen, sowie die auch von Penck betonte Tatsache, daß sich die Zentralalpen trotz großer Eisbedeckung nicht senkten. Ebenso spricht der auffällig gleichsinnige Verlauf der

Verbiegungen mit den schon alt angelegten Bewegungstendenzen gegen Glazialisostasie. Es muß sich also wohl um rein tektonisch bedingte Vorgänge handeln.

Hier sei noch zu einer Annahme Stellung genommen, die Seefeldner im Zusammenhang mit den Verbiegungsvorgängen bei Taxenbach gemacht hat. Er glaubte nämlich, daß sich infolge der intensiven Hebung im R—W-Interglazial eine Wasserscheide zwischen Saalach—Salzach ausgebildet habe, die erst nach dem Rückzug der W-Vergletscherung durchsägt wurde. In Wirklichkeit bleibt für ihr Bestehen keine Zeit, denn der die Enge breit und geschlossen durchziehende interglaziale Talboden kann erst nach der Aufschüttung des R—W-Konglomerats entstanden sein, da er dieses und anstehendes Gestein diskordant abschneidet und die verlassene Talfurche bei Taxenbach wurde von der Salzach nach der Ausbildung der genannten Talsohle mit der einsetzenden Hebung eingeschnitten und bis zum Einbruch der W-Vergletscherung benützt, woraus sich ein kontinuierlicher Flußlauf ergibt. Eine postglaziale Durchschneidung einer Wasserscheide ist daher unmöglich. Seefeldner hat als Beweis für diese Wasserscheide auf den großen Reichtum des interglazialen Konglomerats des Saalachtales (bei Stoiß, Unken und am Schoberweißbach) an kristallinen Geschieben hingewiesen, der nur zu erklären sei, wenn die Saalach im R—W-Interglazial ihre Quellen in die Tauern zurückverlegt habe. Gilhitzer (12) konnte aber feststellen, daß die Schotter am Schoberweißbach hauptsächlich autochthones Material aus dem Gebiete der Reiteralm führen, während zentralalpine Geschiebe ganz selten sind und daß die Terrasse bei Unken als Aufbereitungsprodukt zentralalpiner Salzachgletschermoräne natürlich solche Geschiebe enthalten muß. Aber selbst ihr reichlicheres Vorkommen in den Schottern von Stoiß (N von Saalfelden) kann, wie auch Wehrli (62) meint, ohneweiters aus Moräne stammen. Nach all dem Gesagten ist es daher unwahrscheinlich, daß im R—W-Interglazial eine Wasserscheide bei Taxenbach bestanden hat. Aber auch Seefeldners Annahme, daß hier zur Zeit des Niveaus II im Mittelpliozän eine Wasserscheide vorhanden gewesen sei, scheint mir mit dem Hinweis auf das Aussetzen des Talbodens II oberhalb Gries und sein Durchlaufen im Oberpinzgau und in der Saalachfurche nicht hinreichend begründet, zumal der Rest des Niveaus II, der in der Zeller Furche in der Platte (1396 m) vertreten sei, ebensogut zum Salzachtal gerechnet werden kann, da er auf der Eckflur zwischen Salzachtal und Zeller Furche gelegen ist. Bei der großen Unsicherheit, die infolge der oft nur spärlich vorhandenen und im weichen Phyllit schlecht erhaltenen Talbodenreste in der Chronologie der einzelnen älteren Talgenerationen herrscht, ist es kaum möglich, so weit zurückliegende talgeschichtliche Vorgänge mit ausreichender Wahrscheinlichkeit zu rekonstruieren. Die Annahme einer R—W- und pliozänen Wasserscheide bei Taxenbach stößt somit auf große Schwierigkeiten. Mit der These eines kontinuierlichen Salzachlaufes nach Osten erhebt sich aber die Frage nach der Entstehung der Zeller Furche, deren südlicher Teil heute von keinem Gewässer durchflossen wird. Wir haben hier

eine tektonisch vorgezeichnete Senke in der Fortsetzung der Glocknerdepression, eine durch Querstau entstandene Mulde (Rinaldini, 40), die durch die Gletscher mehrerer Eiszeiten erweitert wurde. Infolge des großen Druckes, den der Kapruner- auf den Salzachgletscher ausübte, erfolgte an dieser Stelle jeweils eine bedeutende Konfluenz nach Norden, so daß die Glazialerosion, begünstigt durch das weiche Gestein, eine große Wirkung entfalten konnte. Aber auch fluviale Tätigkeit fehlte nicht. Es besteht die Möglichkeit, daß die Saalach mehrfach statt nach Norden nach Süden floß und der Leoganger Bach die Quelle der kalkalpinen Saalach bildete. Auch heute ist die Wasserscheide in der Zeller Furche äußerst labil. Nur ein flacher Schwemmkegel am Ausgang des Glemmtales hindert die Saalach, nach Süden zu fließen.

Es sei nun erstmalig versucht, für die Entstehung der extremen Engtalstrecken innerhalb der Taxenbacher Enge die Mitwirkung epigenetischer Prozesse in Betracht zu ziehen. Sölich (56) hat auf die Bedeutung der Epigenese für die Erhaltung von Riegeln und Engen in den Alpentälern hingewiesen. Dieser Gedanke läßt sich in unserem Fall recht fruchtbar verwerten, zumal hier deutlich Spuren solcher Vorgänge entgegentreten, nämlich verlassene, alte Talfurchen und Reste von Zuschüttungen. Diese haben das ganze Tal verstopft, so daß die Salzach ihren alten Lauf nicht immer wiederfinden konnte und sich eine neue Furche einschneiden mußte, die dann in der seither verflossenen Zeit nicht in dem Maße erweitert werden konnte wie ältere Talstrecken. Das Überwiegen alter Talbodenreste am Südgehänge und ihre viel breitflächigere Erhaltung hier zeigt, daß die Salzach im Verlauf epigenetischer Prozesse immer weiter gegen Norden gedrängt wurde, was sich aus der großen Schuttlieferung der Rauris- und Gasteiner Ache nach jeder Eiszeit erklärt. Auch die bessere Erhaltung der interglazialen Ablagerungen an der Südseite läßt das Drängen des Flusses gegen das linke Talgehänge erkennen. Daß die Schotterführung der Nebenflüsse tatsächlich den Lauf der Salzach beeinflusste, beweist die Strecke zwischen Dientenbach—Kühberg, wo sie der Trattenbach, noch mehr aber der wasserreichere Dientenbach gegen Süden schieben und sich daher im Norden die breiten Talbodenreste zwischen Hundsdorf—Boden erhalten konnten. Wir haben in der Taxenbacher Enge mehrere verlassene Talfurchen als Hinweis auf Flußverlegungen, nämlich zwischen Taxenbach und der Raurisachenmündung, südlich des Kühberges, nördlich der Kuppe von Eschenau und bei Brandstatt. Die Furche nördlich des Buchberges fällt etwas aus der Reihe, da sie auch heute noch fast zur Gänze von einem fließenden Gewässer benützt wird. Die Untersuchung dieser Talstrecken soll zeigen, daß zu verschiedenen Zeiten epigenetische Vorgänge erfolgten und daß den jüngsten dieser Ereignisse die extremsten Talstrecken am West- und Ostende der Enge entsprechen (Fig. 3).

Für junge Flußverlegungen bei Taxenbach spricht eine bereits von Singer (53) angeführte, verschüttete, schmale Furche zwischen dem Markt und der Raurisachenmündung, die heute vom Weg zur Halte-

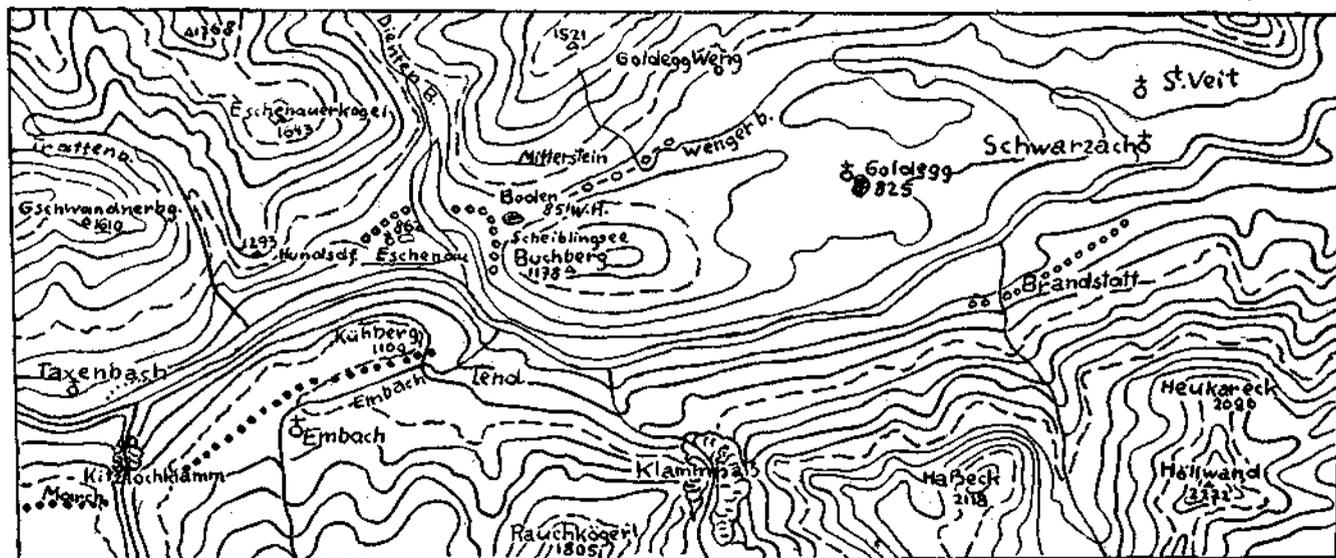


Fig. 3. Die alten Talfurchen in der Taxenbacher Enge.

○-○-○-○-○ pliozän? ●●●●● präglazial ○○○○○○○ M-R Interglazial R-W Interglazial
 Maßstab 1:100.000

stelle Kitzlochklamm benützt wird. (Der genannte Autor hat übrigens auf die hier stattgefundenen Flußverlegungen hingewiesen, ohne sie aber mit der extremen Profilgestaltung der Durchbruchsstrecke zu verbinden.)

Hier finden sich junge Schotter, von kuppiger W-Moräne eines Rückzugsstadiums überlagert. Die Furche wurde offenbar vor Ablagerung der Kiese und Moräne von der Salzach benützt. Die Sohle der Rinne liegt ziemlich im selben Niveau wie die Auflagerungsfläche des Konglomerates östlich der Raurisachenmündung, nämlich in 710—715 m, was der Höhenlage der R—W-interglazialen Talsohle entspricht, auf der die Sedimente aufliegen. Damit ist bewiesen, daß die verlassene Furche wirklich von der Salzach geschaffen und benützt wurde. Die talgeschichtlichen Vorgänge sind etwa folgende: Vor Aufschüttung der R—W-interglazialen Schotter war die Talsohle bereits auf 710 m eingetieft. Dann erfolgte über verschiedene, auch höhere und ältere Talbodenreste hinweg die große Zuschüttung, die bis mindestens 900 m hinaufreichte (bei Hauser). Noch vor dem Beginn der W-Eiszeit wurden die Schotter abgetragen und terrassiert. Während der folgenden Vergletscherung haben subglaziale Gewässer die alte Salzachrinne mit Ablagerungen verstopft, die uns in der verlassenen Furche erschlossen sind. Dann wurden in einem Rückzugsstadium des Gletschers die genannten Sedimente mit Moräne bedeckt, deren lebhaft Kuppenform bezeugt, daß sie das Eis nicht mehr überschritt. Die Salzach konnte nach dem Schwinden der letzten Vergletscherung ihr Bett nicht wiederfinden, sondern schlug etwa 100 m weiter südlich ihren heutigen Weg ein. Diese rezente Durchbruchsstrecke ohne Spuren glazialer Bearbeitung entstand im Postglazial. Für ihre Jugend spricht das trotz günstigster petrographischer Bedingungen völlige Überwiegen der Tiefen- über die Seitenerosion, was freilich auch zu einem guten Teil auf das Konto junger Hebung fällt. Östlich der Achenmündung wird das Querprofil schlagartig breiter, da die Salzach hier ihren alten Lauf beibehielt und daher die Talgehänge trotz der Hebung absträgen und das Tal erweitern konnte, so daß wir ein Schluchtprofil haben. Im Durchbruch beträgt die postglaziale Erosionsleistung des Flusses 40 m, in der Schlucht aber wurde die Talsohle nur 10—15 m unter das R—W-interglaziale Sohlenniveau eingetieft. Der große Gegensatz im Querprofil der extremen Enge und der Schlucht stellt die Auswirkung der jungen Laufveränderung für die Morphogenese dieses Gebietes recht deutlich vor Augen.

Auch im Bereich des Kühberges erfolgten Flußverlegungen, allerdings viel früher als bei Taxenbach.

Es gibt hier drei Talfurchen, von denen derzeit nur eine von der Salzach benützt wird. Die Senkenzone von Embach (1000 m) südlich des Kühberges durchfließt heute nur in ihrem östlichen Teil der für sie viel zu kleine Embach; sie ist also ziemlich außer Funktion. Parallel dazu, nördlich des Kühberges, verläuft die rezente Salzachschlucht (690 m) und noch weiter im Norden, um die Kuppe von Eschenau (862 m) einen weit ausholenden Mäander bildend, die alte Furche von Boden—Hundsorf (830 m), die ganz außer Funktion gesetzt ist. Die z. T. mächtig erhaltenen Aufschüttungsreste im Bereich dieses Salzachtalabschnittes lassen Flußverlegungen vermuten, durch welche die erwähnten Furchen entstanden sind. Die Abfolge der Ereignisse war so: Die Embacher Furche wurde präglazial von der Salzach geschaffen und benützt (S. 198, 199). Dafür spricht, daß sich von der Raurisalb bis zur Teufenbachmündung keine Spuren eines präglazialen Talbodens nördlich des Kühberges erkennen lassen. Erst östlich des Teufenbaches ist am Südfall des Buchberges bei Scheiben ein allerdings spärlicher Talbodenrest in etwa 900 m vorhanden. Der M—R-interglaziale Talboden aber tritt breitflächig im Norden der Salzach auf (von Neuhaus bis Boden in 880—830 m). Zu dieser Zeit muß der Fluß schon nördlich des Kühberges geflossen sein. Damit kommen wir zur Annahme, daß er nach der G-Eiszeit und vor Ausbildung des erwähnten M—R-Talbodens aus seiner präglazialen

Furche gegen Norden abgeglitten ist. Die Ursache dürften neben einer gewissen Hebung bedeutende Aufschüttungen der Raurisache nach der G- oder M-Eiszeit gewesen sein, welche die Salzach nach links drängten. Obwohl von diesen alten Sedimenten nichts mehr erhalten ist, können sie in Analogie zu den durch Ablagerungen belegten Schottern nach der R-Vergletscherung als möglich angenommen werden. Infolge ihres höheren Alters wurden sie von der Fluß- und Eiserosion der beiden letzten Eiszeiten und Zwischeniszeiten völlig beseitigt. Im M—R-Interglazial bog die Salzach um die Kuppe von Eschenau herum nach Norden aus, wo sie die breiten Talbodensflächen zwischen Hundsdorf—Boden in 830 m zurückließ. Von ihrem nördlichsten Punkt schwang sie in weitem Bogen um die Westflanke des Buchberges gegen Süden und schuf am Gasteinertalausgang den ebenfalls M—R-Interglazialen, breitflächig erhaltenen Talboden von Kerschbaum. Noch in derselben Zwischeneiszeit hat die Salzach ihren Lauf westlich der Dientenbachmündung durch ein geringfügiges Abweichen nach Süden etwas begründet, indem sie den heutigen Weg einschlug. Bereits vor der großen R—W-Interglazialen Verschüttung, wahrscheinlich im ausgehenden M—R-Interglazial muß sich die Salzach in ihrer heutigen Furche bis etwa 710 m eingetieft haben, da die R—W-Konglomerate östlich der Raurisachenmündung so weit herabreichen. Wohl damals schon senkten sich die Gräben des Pfarrwaldes zum Fluß hinab, in die dann die mächtige Verschüttung des letzten Interglazials hineingegriffen hat. Hier konnte sich das Material trotz der nachfolgenden letzten Vergletscherung infolge seiner geschützten Lage z. T. bis heute erhalten. Diese Sedimente wurden dann von der Salzach erodiert, wie die auffällig gleich weit nach Norden reichenden Konglomeratbastionen in den Gräben zeigen. In einer Furche östlich Embachrain hat sich in 900 m eine deutliche W—O verlaufende Hohlkehle im Konglomerat als Ufermarke des damaligen Flußspiegelstandes erhalten. Wir erkennen daraus, daß hier die Salzach lange nach Ablagerung des R—W-Sedimentes noch in solcher Höhe geflossen ist und sich seither beträchtlich in die Tiefe eingeschnitten hat. Noch im selben Interglazial müssen die Schotter mindestens bis ins Niveau des jüngeren interglazialen Talbodens in 750 m erodiert worden sein, was einer Erosionsleistung von 260 m entspricht, da die Sedimente am Kühberg bis 1010 m hinaufreichen. Dieser enorme Betrag ist möglich, weil die Salzach nur einer bis in 710 m Tiefe bereits ausgearbeiteten, von lockeren Schottern erfüllten Furche nachzulasten und kein Anstehendes zu bewältigen hatte. Dazu bot die Hebung einen starken Impuls zur Tiefenerosion. Später müssen auch der W-Gletscher und seine subglazialen Gerinne in diesem Material stark ausgeräumt haben. Die Größe der Erosionsleistung wird verständlich, sobald wir zum Vergleich den postglazialen Erosionsbetrag in den Klammern heranziehen, der mit mindestens 50 m anzusetzen ist. Wenn es einem wesentlich kleineren Fluß als die Salzach möglich war, im harten Klammkalk seit Rückzug der letzten Vergletscherung so tief einzuschneiden, muß der viel mächtigere Hauptfluß imstande gewesen sein, im letzten Interglazial das lockere Material zu durchmagen. Für die Seitenerosion ist dabei allerdings nicht viel Zeit übrig geblieben, so daß die Gehänge der Schlucht noch heute nur wenig abgeschrägt sind. Die postglaziale Erosionsleistung nördlich des Kühberges beträgt etwa 60 m, da der R—W-Interglaziale Talboden von Heuberg 750 m hoch liegt. Erst nach der letzten Vergletscherung wurde die schon am Beginn des R—W-Interglazials vorhanden gewesene Sohlentiefe von 710 m wieder erreicht und dann um etwa 20 m übertraffen.

Rückblickend ist festzuhalten: Die Talverlegungen im Kühberggebiet, die großen R—W-Interglazialen und ältere Verschüttungen nebst Hebungsvorgängen bewirkten, daß die Salzach ihr Tal noch nicht wesentlich verbreitern und den Kühbergsporn nicht weiter zurückdrängen konnte. Daher hat sich der Engtalcharakter bis in große Höhen erhalten. Epigenetische Vorgänge und die Aufbiegung waren Ursache, daß neben der Tiefenerosion die Seitenerosion nur wenig zur Geltung kommen konnte.

Eine kleinere Talverlegung, die einen weiteren Beweis für das tatsächliche Auftreten solcher Prozesse bietet, erfolgte beim Reiter- und Embach. Diese beiden Bäche mündeten vor der R-W-Verschüttung gemeinsam in den Teufenbach, wie eine etwa 40 m tiefe Rinne an dessen linkem Ufer erkennen läßt, in die die mächtigen interglazialen Schotter abgelagert wurden. Nördlich und südlich der Furche reicht das Anstehende jeweils bis zur Oberkante des linken Teufenbachgehanges hinauf. Die Rinne setzt sich nicht auf das Ostufer des Baches fort. Es muß also an seiner Westseite eine alte Talöffnung gewesen sein, die durch die erwähnten Sedimente verstopft wurde. Infolge dieser Aufschüttung konnten Reiter- und Embach den Teufenbach nicht mehr erreichen und es mündet heute der Embach nach Aufnahme des Reiterbaches etwas oberhalb der Teufenbachmündung selbständig in die Salzach.

Eine weitere Laufverlegung ereignete sich am Ostende der Taxenbacher Enge bei Brandstatt.

Hier erstreckt sich parallel zur heutigen Durchbruchsstrecke eine verlassene Talfurche in 750 m. Ihre bedeutende Breite, die stellenweise sogar die des rezenten Querprofils übertrifft, deutet auf Entstehung durch einen größeren Fluß, ihr W-O-Verlauf, daß dieses Gewässer nur die Salzach gewesen sein kann. Die Furche ist 30 m tief in ein Kuppenniveau von 780 m eingesenkt, das, seiner Höhenlage nach, einem M-R-interglazialen Talboden zugeordnet werden muß. Da in dem Talzug Reste eines R-W-interglazialen Schotters vorhanden sind, hat er schon vor dessen Ablagerung bestanden. Also ist die Salzach nach Ausbildung des M-R-interglazialen Kuppenniveaus und vor der Verschüttung der letzten Zwischeneiszeit in dieser Furche geflossen. Weil nun Reste solcher Ablagerungen auch nördlich der Senke in der heutigen Durchbruchsstrecke nur 20 m über dem Salzachspiegel (bei Steger in 620 m) entgegenreten, muß die Salzach beträchtliche Zeit vor der Verschotterung in ihr heutiges Engtal abgewichen sein, da sie ja das Tal vor der Sedimentation schon auf mindestens 620 m einzutiefen halte. Das Abgleiten dürfte also in einem späten Abschnitt des M-R-interglazials erfolgt sein und war vielleicht durch Aufschüttungen aus jener Wildbachfurche heraus bedingt, die zwischen HaBeck und Henkareck herabkommend die Senke quert. Durch dieses Ausbiegen der Salzach nach links wurde die Mündung des Wildbaches weiter nach Norden verlegt und dadurch die Kalkkuppe 774 isoliert. Etwas östlich davon liegt eine ähnliche Kuppe in 784. Es tritt hier eine glazial modellierte Kuppenlandschaft ähnlich der bei Taxenbach entgegen. Die Furche von Brandstatt muß durch subglaziale Gewässer des R-Gletschers etwas tiefer gelegt worden sein, da sie unter dem M-R- und über dem R-W-interglazialen Sohlenniveau gelegen ist. Die R-W-Verschüttung hat über beide Talfurchen hinweggegriffen, wie die Reste bei Brandstatt und Steger erkennen lassen und war mindestens 210 m mächtig. (Ihr Niveau ist bei Steger 620 m, bei Brandstatt 750 m und bei Goldegg 830 m.) Daher war die Salzach nach der Verschotterung gezwungen, ihr Tal noch einmal einzuschneiden. Die M-R-interglaziale Laufverlegung und die R-W-Verschüttung haben sie stets zu neuer Tiefenerosion gezwungen, so daß für die Seitenerosion nur wenig Zeit und Kraft blieb.

Diese Vorgänge haben die Gestaltung des Querprofils am Ostende der Taxenbacher Enge wesentlich beeinflußt. Für den besonders extremen Querschnitt in der heutigen Durchbruchsstrecke sind aber neben den erwähnten Prozessen noch petrographische und tektonische Faktoren maßgebend gewesen (S. 214, 215). Auch der R- und W-Gletscher waren nicht imstande, diese Engtalstrecke wesentlich zu verbreitern.

An dieser Stelle ist auch auf die Talgeschichte der noch heute größtenteils von einem fließenden Gewässer benutzten Furche nördlich des Buchberges hinzuweisen. Sie ist schwierig zu rekonstru-

ieren. Hier hat Wagner das präglaziale Salzachtal vermutet. Doch ist dies nach Seefeldner (49) unwahrscheinlich, da die Senke östlich des Scheiblingsees bei Pkt. 851 blind endet und sich Reste des präglazialen Talbodens in ihr nicht verfolgen lassen; vielmehr treten solche an der Gasteinertalmündung bei Klamm und am Südabfall des Buchberges (bei Scheiben) auf. Auch im M—R-Interglazial nahm die Salzach nicht diesen Weg, da sie damals zwar die Terrasse von Hundsdorf—Boden schuf, dann aber um die Westflanke des Buchberges herum nach Süden ausholte, wie der Talbodenrest von Kerschbaum oberhalb des Lender Falles zeigt. Im R—W-Interglazial aber kann die Furche wegen ihrer zu großen Höhenlage nicht entstanden sein. Mithin ist die Salzach seit dem Präglazial südlich des Buchberges geflossen. Aber auch die Beschaffenheit des Querprofiles der Furche spricht gegen die Annahme eines prä- oder interglazialen Salzachtals. Es ist bis zu einem auffälligen Gehängeknick in 1100 m offen V-förmig im Gegensatz zu den breiten muldenartigen Querschnitten, die sich aus den präglazialen Talbodenresten im Salzachtal (mit Ausnahme der Verengung bei Embach) rekonstruieren lassen. Auch die Talliche ist wesentlich geringer und erreicht nicht einmal den Wert des engsten Querprofiles zwischen Kühberg—Eschenauer Köpfl. Die gegenwärtige Furche hat ihre schmalste und höchste Stelle an ihrem Westende bei Pkt. 851, wo sie den Charakter einer Wasserscheide gewinnt. Ein Talboden tritt erst 1 km weiter östlich auf, wo sie vom Wengerbach betreten wird, und erweitert sich dann nach Osten. Diese Verhältnisse gestatten die Annahme, daß mindestens der tiefere Teil des Profiles vom Wengerbach geschaffen worden ist. Die eiszeitlichen Gletscher haben die Furche verbreitert und vertieft. Es wäre noch die Möglichkeit zu diskutieren, daß der Dientnerbach präglazial und bis ins M—R-Interglazial diese Furche benützte und weiter östlich als heute jenseits des Buchberges in die Salzach mündete. Für das M—R-Interglazial ist dies unwahrscheinlich, da die Salzach um die Eschenauer Kuppe nach Norden ausbog, wobei sie den Dientnerbach abfangen mußte, so daß es ihm kaum möglich war, seinen Weg durch die Senke nördlich des Buchberges zu nehmen. Im Präglazial, wo die Salzach ganz an der Südseite ihres Längstales floß, gäbe es allerdings eine solche Möglichkeit für den Bach, doch läßt sich diese Annahme nicht durch Talbodenreste beweisen. Im Gegensatz zum unteren Teil des Wengertalprofiles ist der Abschnitt über dem Gehängeknick in 1100 m ein Sohlental, das einer älteren als der präglazialen Salzach angehören könnte. Diese weit zurückliegende Talgeschichte ist aber recht schwierig zu rekonstruieren, da Talbodenreste jener Epoche nur spärlich erhalten sind und ihre Chronologie unsicher ist. Am Südwestabfall des Hendlwaldes liegt nach Seefeldner in 1360 m ein mittelplozäner Talbodenrest vor. Wenn die Altersbestimmung zutrifft, wäre die Salzach in dieser Epoche nördlich des Buchberges geflossen und hätte hier ein Tal angelegt, aus dem sie aber spätestens im Präglazial nach Süden abgewichen ist und es seither nicht mehr benützt hat. Eine sichere Entscheidung über jene talgeschichtlichen Vorgänge ist aber schwierig, da nur der eine Talbodenrest zur Verfügung steht.

Erwähnung verdienen noch die R—W-Schotter und Konglomerate bei Goldegg. Es fragt sich, von welchem Fluß die 20—30 m mächtige Aufschüttung stammt und ob dieses Gewässer von Westen her durch die Senke gekommen ist. Mit Rücksicht auf die Lagerungsverhältnisse und den Charakter der Sedimente, die denen der Taxenbacher Enge durchwegs entsprechen, ist die Annahme wahrscheinlich, daß sie mit zur R—W-interglazialen Verschüttung des Salzachtales gehören, die sich über verschiedene Terrassenniveaus hinweg bis in große Höhen und weiter vom Haupttal entfernte Gebiete erstreckt hat. Die Salzach mag bei ihrer aufschüttenden Tätigkeit, als die Sedimente das Niveau von 800 m überschritten hatten, am Fuß des Buchberges vorbei nach Norden mäandriert sein, hier weitere Ablagerungen zurücklassend. Die große Breite des Areals, welches die Schotter und Konglomerate in der ganzen Taxenbacher Enge einnehmen, läßt sich nur durch ein weit ausholendes Mäandrieren der Salzach oder durch Aufschüttung des Materials in einen großen Stausee hinein erklären. Bezeichnenderweise finden wir in der Wenger Furche keine Spuren solcher Ablagerungen, sondern erst bei Goldegg in ziemlicher Entfernung vom Ostfuß des Buchberges. Der Charakter der Geschiebe und ihre meist gute Rollung deutet auf weiteren Transport und mithin einen größeren Fluß. Gegen eine Ablagerung durch den Wengerbach spricht die beachtliche Sedimentmächtigkeit, ihre meist geringe Korngröße und gute Sortierung.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die Taxenbacher Enge im ganzen ist durch Hebungsvorgänge bedingt; für ihre im einzelnen recht differenzierte Querschnittsgestaltung aber waren außer besonders lang andauernder, intensiver Aufwölbung wie bei Embach, epigenetisch bedingte Flußverlegungen (in den extremen Engen bei Taxenbach, Embach und Brandstatt), Einschaltungen von Kalkzügen, sowie der wechselnde Verlauf der Salzach zum Schichtstreichen maßgebend. Durch die Annahme der Gleichaltrigkeit der Sedimente läßt sich der Hebungsvorgang einfacher erklären als nach Seefeldner. Für ihr einheitliches R—W-interglaziales Alter sprechen die Lagerungsverhältnisse, ihre Beziehung zum Niveau des jüngsten interglazialen Talbodens, ihre überwiegend geringe, durchwegs nur äußerliche Verfestigung und der Mangel an Konglomeratgeröllen aus älteren Sedimenten. Da die Korngrößen in der Horizontalen und Vertikalen ganz unregelmäßig wechseln, ist kein bestimmter Rhythmus der Hebung zu erschließen. Möglicherweise wurde das Material in einen Stausee des letzten Interglazials abgelagert.

Für die Annahme einer Dislokation bei Embach gibt es morphologische Beweise: die Verbiegung von Talbodenresten, Talengen auch im Bereich der Lichten älterer Talböden, die differenzierte Gestaltung des Salzachtaquerprofiles, konvexe Hangformen und die Gefällsverhältnisse der rezenten Salzach, wobei alle diese Phänomene für die größte Hebungintensität bei Embach sprechen, ferner die Stufenmündungen und Klammen der Seitentäler. Letztere sind aller-

dings zu einem guten Teil petrographisch bedingt. Geologische Hinweise auf eine Hebung ergeben die Verbiegung der Schotterober- und -unterkante, der unteren Moränengrenze, die Schweremessungen und die Anknüpfung der jungen Tektonik an ältere Tendenzen. Es sind mehrere Hebungsphasen zu unterscheiden, die sich auf die Zeit vom Präglazial bis in die Gegenwart verteilen. Als Ursache der Verbiegung kommt nicht Glazialisostasie, sondern ein tektonischer Vorgang in Frage. Da die Gliederung der Seitentalstufen mit dem Wechsel verschieden widerständigen Gesteins korrespondiert, ist ein sicherer Beweis, daß diese Stufen umgewandelte Gefällsteilen darstellen, erschwert. Seefeldners Annahme einer R—W-interglazialen und pliozänen Wasserscheide bei Taxenbach muß als unwahrscheinlich bezeichnet werden.

Literatur.

1. Ampferer, O., Über die Entstehung der Innialterrassen. Ztschr. f. Glkde. III. 1908/09.
2. Ampferer, O., Über die Bohrung von Rum bei Hall in Tirol und quartäre Verbiegungen der Alpentäler. Jb. St.A. 71, 1921, Wien.
3. Braumüller, E., Der Nordrand des Tauernfensters zwischen dem Fuscher- und Rauristal. Mitt. Geol. Ges., Wien, 30, 1937.
4. Braumüller, E., Aufnahmebericht über Blatt St. Johann im Pongau (5050). Vhdl. B.-A. 1938.
5. Brückner, E., Die Vergletscherung des Salzachgebietes. Geogr. Abhdlg. I/1, 1886.
6. Burchard, A., Neue Erkenntnisse zum Stufenbau der Alpentäler. Pet. Mitt. 69, 1923.
7. Del Negro, W., Geologie von Salzburg, Innsbruck 1950.
8. Dietrich, B., Entstehung und Umbildung von Flußterrassen. Geol. Rdsch. 1911, 2. Bd.
9. Distel, L., Die Formen alpiner Hochtäler insbesondere im Gebiet der Hohen Tauern und ihre Beziehungen zur Eiszeit. Mitt. Geogr. Ges. München 7, 1912.
10. Fisch, W., Zur Geologie der Gasteinerklamm bei Lend. Ecl. Geol. Helv. Basel 1932.
11. Foster Flint, R., Pleistocene Terraces of the Lower Connecticut Valley. Bull. Geol. Soc. Amer., 1928.
12. Gillitzer, G., Der geologische Aufbau des Reiteralmgebirges im Berchtesgadener Land. Diss. München 1912.
13. Götzinger, G., Führer für die Quartärexkursionen in Österreich. Geol. B.-A. Wien, 1936.
14. Hammer, W., Bemerkungen zu Blatt Kitzbühel-Zell am See der geol. Spezialk. Vhdlg. B.-A. Wien, 1937.
15. Heibel, W., Aufnahmebericht auf Blatt St. Johann im Pongau. Vhdlg. B.-A. Wien 1939.
16. Heritsch, F., Die Grundlagen der alpinen Tektonik. Berlin 1923.
17. Hottinger, A., Über geologische Untersuchungen in den zentralen Hohen Tauern. Ecl. Geol. Helv., Basel 1931.
18. Hottinger, A., Zur Geologie des Nordrandes des Tauernfensters in den zentralen Hohen Tauern. Ecl. Geol. Helv., Basel 1934.
19. Hottinger, A., Geologie der Gebirge zwischen der Sonnblick-Hocharrngruppe und dem Salzachtal in den östlichen Hohen Tauern. Ecl. Geol. Helv., Basel 1935.
20. Kautsky, F., Jüngere Verbiegungen in den Ostalpen. Sitzber. Ak. Wiss. Wien, 133, 1. bis 3. H., 1924.
21. Kieslinger, A., Aufnahmebericht über Blatt Hofgastein. Vhdlg. B.-A. Wien, 1937.

22. Kieslinger, A., *Aufnahmebericht über Blatt Hofgastein*. Vhdlg. B.-A. Wien, 1938.
23. v. Klebelsberg, R., *Die Hauptoberflächensysteme der Ostalpen*. Vhdlg. B.-A. Wien, 1922.
24. v. Klebelsberg, R., *Die Gesteine der zentralen Ostalpen östlich vom Brenner. Der Hochtourist in den Ostalpen*. 1928.
- 24a. Klimpt H., *Morphogenese der Sonnblickgruppe*. Geogr. Jahresbericht 1941/42, Wien 1943.
25. Kober, L., *Bericht über geologische Untersuchungen in der Sonnblickgruppe und ihrer weiteren Umgebung*. Sitzber. Ak. Wiss. 121, Wien 1912.
26. Kober, L., *Bericht über die geotektonischen Untersuchungen im östlichen Tauernfenster und seiner weiteren Umrahmung*. Sitzber. Ak. Wiss. 121, Wien 1912.
27. Kober, L., *Das östliche Tauernfenster*. Anzg. Ak. Wiss. 57, Wien 1920.
28. Kober, L., *Der geologische Aufbau Österreichs*. Wien 1938.
29. Lichtenecker, N., *Das Bewegungsbild der Ostalpen*. Die Naturwiss., 13. Jahrg., H. 35, 1925.
30. Machatschek, F., *Morphologische Untersuchungen in den Salzburger Kalkalpen*. Ostalp. Form. Stud. 1, 4, Berlin 1922.
31. Machatschek, F., *Neuere morphologische Untersuchungen in den Alpen*. Journ. of Geom. 2, 1939, Nr. 1.
32. Morawetz, S., *Eiszeitliche Vergletscherung und eiszeitliches Einzugsareal in den Tauern*. Ztschr. f. Glkde. XX, 1932.
33. Ohnesorge, Th., *Aufnahmebericht über Blatt Kitzbühel—Zell a. See*, Vhdlg. B.-A. Wien, 1925.
34. Ohnesorge, Th., *Aufnahmebericht über Blatt St. Johann i. Pongau (5050)*, Vhdlg. B.-A. Wien, 1926.
35. Penck, A., Brückner, E., *Die Alpen im Eiszeitalter*. Leipzig 1909.
36. Penck, A., *Die Terrassen des Isartaies. Ablagerungen und Schichtstörungen des letzten Interglazials in den nördlichen Alpen*. Sitzber. preuß. Ak. Wiss. 19, 20, Berlin 1922.
37. Penck, A., *Die letzten Krustenbewegungen in den Alpen*. Geol. Förenings, Stockholm 1922.
38. Pippan, Th., *Morphologische Untersuchungen in den nördlichen Tauerntälern*. Diss. Mitt. Ges. f. Salzburger Landeskunde, 1949.
39. Rathjens, C., *Geomorphologische Untersuchungen in der Reiteralp und im Lattengebirge im Berchtesgadnerland*. Diss. München 1937.
40. v. Rinaldini, B., *Die Kitzbühler Alpen*. Ostalp. Form. Stud. 2, 3, Berlin 1923.
41. Schjerning, W., *Der Zellersee im Pinzgau*. Ztschr. Ges. für Erdkunde 28, Berlin 1893.
42. Schmidt, W., *Grauwackenzone u. Tauernfenster*. Jb. B.-A. Wien, 1921.
43. Schmuck, A., *Beiträge zur Geomorphologie der Sonnblickgruppe*. Mitt. naturwiss. Ver. f. Stm. 69, Graz 1932.
44. Schwinner, R., *Die älteren Baupläne in den Ostalpen*. Ztschr. D. Geol. Ges. 81, 1929.
45. Schwinner, R., *Das Transveralleben vom 14. Mai 1930 und der variszische Tiefbau der Hohen Tauern*. Vhdlg. B.-A. Wien, 1930.
46. Schwinner, R., *Das Schwereprofil der Tauernbahn*. Gerlands Beiträge z. Geoph. 29, 1931.
47. Schwinner, R., *Das Bewegungsbild des Klammkalkzuges*. Zentrbl. f. Min., Geol. und Pal. 1933, Stuttgart.
48. Seefeldner, E., *Zur Morphologie der Salzburger Alpen*. Geogr. Jb. aus Österreich XIII, Wien 1926.
49. Seefeldner, E., *Die Taxenbacher Enge. Eine morphologische Studie*. Mitt. d. Ges. f. Salz. Ldkde. 68, 1928.
50. Seefeldner, E., *Geographischer Führer durch Salzburg, Alpen und Vorland*. Sammlg. geogr. Führer, III. Berlin 1929.
51. Seefeldner, E., *Die alten Landoberflächen der Salzburger Alpen*. Ztschr. f. Geom. VIII, 1933/35.
52. Seefeldner, E., *Zur Altersfrage der Abtragungsflächen in den nördlichen Ostalpen*. Mitt. Geogr. Ges. 76, Wien 1933.

53. Singer, M., Über Talverlegung und Tunnelbau. Österr. Wochenschr. f. d. öff. Baudienst, 21, 1915.
54. Sölch, J., Zur Entwicklung des Talnetzes der Alpen. Ztschr. für Geom. IX, H. 6, 1936.
55. Sölch, J., Das Formenbild der Alpen. G. Z. 1925, 31. Jg.
56. Sölch, J., Fluß- und Eiswerk in den Alpen zwischen Ötztal und Sankt Gotthard. Pet. Mitt. 1935, Ergb. 219, Heidelberg.
57. Stark, M., Vorläufiger Bericht über geologische Aufnahmen im östlichen Somblickgebiet und über die Beziehungen der Schieferhüllen des Zentralgneises. Sitzber. Ak. Wiss. 121, Abt. 1, Wien 1912.
58. Till, A., Das geologische Profil von Berg Dienten nach Hofgastein. Vhdlg. R.-A. Wien, 1906.
59. Trauth, F., Geologie der nördlichen Radstädter Tauern und ihres Vorlandes. Denkschr. Ak. Wiss. 101, Wien 1928.
60. Wagner, C. J., Die geologischen Verhältnisse des Tunnels am Unterstein mit Einbeziehung des Terrains zwischen Lend und Taxenbach. Jahrbuch R.-A. Wien, 1879.
61. Wehrli, H., Glazialgeologische Beobachtungen im Salzachtal zwischen Bruck-Fusch und Paß Lueg. Die Eiszeit 4, 1927.
62. Wehrli, H., Monographie der interglazialen Ablagerungen im Bereich der nördlichen Ostalpen zwischen Rhein und Salzach. Jb. B.-A. Wien, 1928.
63. Winkler, A., Aufnahmsbericht über Blatt Hofgastein. Vhdlg. St.-A. Wien, 1921.
64. Winkler, A., Bemerkungen zur Geologie der östlichen Hohen Tauern. Vhdlg. B.-A. Wien, 1923.
65. Winkler, A., Tektonische Probleme in den östlichen Hohen Tauern. Geol. Rdsch. 15, 1924.