

**Vergleichende
geologisch-morphologische Untersuchungen
in den drei Klammern des östlichen Tauernnordrandes
unter besonderer Berücksichtigung
des Problems der Klamm- und Stufenbildung.**

Von **Therese Pippan**, Salzburg.

Gedruckt mit Unterstützung der Stadt Wien aus den Mitteln des Kulturroschens
1954 über Antrag des Notringes der wissenschaftlichen Verbände Österreichs.

Mit 1 Karten- und 1 Profiltafel.

Rauris-, Gasteiner- und Großarlal sind unter den nördlichen Tauern-
tälern durch ihre hohen Stufen und extremen Klammern an ihrer Mündung
ins Salzachtal gekennzeichnet. Die Stufen und Klammern liegen in der so-
genannten Klammkalkzone, die nach diesen Klammern benannt ist. Sie gehört
der Radstädter Decke an und schaltet sich zwischen die Schieferhülle der
Hohen Tauern im Süden und die Grauwackenzone im Norden.

Schon zwischen Bruck—Taxenbach treten am südlichen Salzachtal-
gehänge mehrfach Kalk- und Dolomiteinschaltungen als unzusammen-
hängende Schuppen der Radstädtereinheit in der Serizit-Phyllitserie auf,
die sich gegen die Kitzlochklamm hin zur Klammkalkzone zusammen-
schließen. Diese wird gegen E, besonders zwischen Gasteiner- und Groß-
arlal, zusehends mächtiger, splittert sich aber weiter östlich wieder auf
und taucht unter die *Klammdecke*. Es lassen sich eine Reihe von Klamm-
kalkzonen unterscheiden, die durch Phyllitonen voneinander getrennt sind.

Das Hauptgestein der Klammserie ist der Klammkalk, ein dunkelgraues,
meist feinkörniges Material, das je nach Druck- und Bewegungsverhält-
nissen, massig, geschiefert oder geschichtet auftritt. Morphologisch wichtig
sind zahlreiche Phyllit- und Schiefereinschaltungen. An der Nordgrenze
der Radstädtereinheit gegen die Grauwackenzone liegt die für die Anlage
des Salzachlängstales wichtige Klammüberschiebung. In beiden Zonen steigert
sich der Grad der tektonischen Zertrümmerung mit Annäherung an diese
Störung.

Auf den ersten Blick scheinen in den drei Klammern einheitliche geolo-
gische Verhältnisse zu herrschen und es wäre daher auch ein einheitliches
Formenbild zu erwarten. Dem ist aber nicht so. Bei näherer Untersuchung

ergab sich, daß sehr bemerkenswerte geologische und morphologische Unterschiede bestehen. Vor allem ist die Intensität des Klamm- und eng damit verbundenen Stufenphänomens in den drei Klammern recht ungleich.

Die vorliegenden Untersuchungen sind bestrebt, den Ursachen dieser differenzierten Formung nachzugehen und dadurch nach Möglichkeit die Faktoren herauszuzondern, die für die Klamm- und Stufenbildung in diesem Gebiet überhaupt von Bedeutung sind. Sehr wichtig war hierbei eine eingehende geologische Untersuchung des Bereiches, für den derzeit noch keine amtliche Kartierung vorliegt.

Wertvolle Grundlagen boten die geologische Karte des Tauernnordrandes zwischen dem Fuscher- und Rauristal im Maßstab 1:25.000 von E. BRAUMULLER¹⁾, die tektonische Kartenskizze des Nordrandes der zentralen Hohen Tauern von A. HOTTINGER¹⁵⁾, die geologische Karte des Tauernnordrandes zwischen Fuscher- und Rauris-Ache, Maßstab 1:50.000 von A. HOTTINGER¹⁶⁾, die tektonische Übersichtskarte des östlichen Tauernfensters und seines Rahmens, Maßstab 1:200.000 von L. KOBER²⁵⁾, die geologische Karte der nördlichen Badstädter Tauern und ihres Vorlandes von F. TRAUTH im Maßstab 1:75.000⁵⁰⁾, die Kartenskizzen über die Gasteinerklamm von W. FISCH⁷⁾ und eine Reihe von Aufnahmeberichten von W. HEISSEL^{9, 11, 12)}, E. BRAUMULLER²⁾, A. KIESLINGER^{18, 19)}, TH. OHNESORGE²⁹⁾ und M. STARK⁴⁸⁾ sowie sonstige einschlägige geologische Literatur.

I. Die Klammern.

1. Die Liechtensteinklamm. (Fig. 1.)

Die Großarlache mündet südlich St. Johann i. Pongau in die Salzach. Sie fließt im untersten Teil $\frac{1}{2}$ km in diluvialen Ablagerungen, dann 1 km in der Grauwackenzone, deren dunkle graphitische Schiefer und Phyllite meist quer zur Ache streichen und saiger bis steil N einfallen. Das Gestein ist vorwiegend blätterig, stark tektonisch beansprucht und daher wenig fest. Die Ache schuf in der Grauwackenzone eine Schlucht mit steilen Hängen, deren Lichte nach S abnimmt.

Nach S folgt auf eine mächtige, stark vertonte Mylonitzone der Ostflügel der Klammkalkzone, der von der Ache in der fast 3 km langen Liechtensteinklamm durchmessen wird. Im W erheben sich die Gipfel über 2000 m, im E nur wenig über 1800 m. Die Klammserie gliedert sich im Klammbereich in den 630 m breiten nördlichen Klammkalkzug des Glösenberges, in dem die untere und obere extreme Klamm liegen und in den 250 m breiten südlichen Klammkalkzug des Stegbaches, in dem ebenfalls eine Klammstrecke auftritt. Zwischen den genannten Zügen ist auf nicht ganz 2 km eine nur von schmalen

Klammkalkstreifen unterbrochene Kalkphyllit- und Kalkschieferserie eingeschaltet, in der das Querprofil etwas breiter, aber meist klammartig ist. Südlich des Stegbachzuges folgt eine Schuppenzone verschiedener Phyllite mit mehreren Klammkalkeinschaltungen. Die ganze Klammserie streicht mit geringen Abweichungen W—E und sinkt im Streichen flach nach W ab. Am Kontakt mit der Grauwackenzone, der durch den Mylonitstreifen gekennzeichnet ist, liegt nach W. HEISSEL¹⁰⁾ und eigener Beobachtung eine Divergenz im Streichen und Fallen der B-Achsen vor. Dieses Verhalten charakterisiert die große Störung an der Klammüberschiebung. Der Klammkalk ist vorwiegend kristallin, reich an Kalzitadern und lebhaft verfäلتelt.

In der Glösenbergzone betreten wir zunächst die untere Klamm, deren Wände an der Ostseite an einer Blattverschiebung etwas weiter nach N vordringen als an der Westseite. Beiderseits der Ache treten steile bis saigere mit Quetschzonen verbundene schmale Kluftlinien auf, denen Rinnen folgen. Die Ache verläuft WNW, etwas schräg zum Gesteinsstreichen. 180 m hohe, z. T. überhängende Felswände treten nahe an den Fluß heran, doch ist das Querprofil weniger extrem als in der oberen Klamm (Fig. 4, Prof. 1).

Sehr plötzlich setzt die erste Klammerweiterung ein. Sie knüpft an eine Schar verschieden gerichteter, steil bis saiger einfallender Störungen, die durch breite Klüfte und riesige Harnischflächen gekennzeichnet sind. Die Klüfte durchsetzen die Klammwände von oben bis unten. Am wichtigsten ist die Glösenbergstörung, die auf 200 m Höhenabstand verfolgbar ist. An ihr sinken Klammkalkschollen um 30 m gegen S ab. Die Ache verläuft fast im Gesteinsstreichen.

Unmittelbar gegen S schließt die obere extreme Klamm an (Fig. 4, Prof. 2). Der Klammkalk ist hier stark verfäلتelt, kristallin und reich an Kalzitadern. Die Ache verläuft quer zum Gesteinsstreichen. Erosiv geglättete, 80 m hohe Wände berühren sich fast und hängen über. Bis zu drei Kolkserien übereinander setzen an scharfen Knicken ab.

Oberhalb der extremen Klamm öffnet sich die 2. Klammerweiterung (Fig. 4, Prof. 3). Hier treten im Klammkalk Kalkphyllitzone auf. An steil N bis saiger einfallenden breiten Klüften sinken die Klammwände um 10—25 m gegen S ab.

Nach kurzer Klammstrecke folgt die 3. Klammerweiterung. Sie knüpft ebenfalls an große Klüfte und das Auftreten einer tektonisch stark beanspruchten Kalkphylliteinschaltung. Eine gewaltige, W—E gestriemte Harnischfläche spricht für Verschiebungen quer zur Ache.

Es folgt nun auf fast 2 km die Kalkphyllit- und Kalkschieferzone mit gelegentlichen Klammkalkeinschaltungen. Das flache Absinken der Gesteinszüge im Streichen nach W bedingt vielfach ein asymmetrisches Talprofil mit steilerer Westseite. Der Klammkalk ist mäßig verfäلتelt, die Kalzit-

aderung spärlich. Er bedingt ähnlich wie dickplattiger Kalkphyllit das Auftreten von Felskulissen, die gegen die Ache vorspringen. Nie aber wird das Querprofil so eng wie in der Klammstrecke des Glösenbergzuges. Wo der Kalkphyllit dünnblättrig ist, Zerrüttungszonen oder Klüfte auftreten oder die Ache stellenweise dem Gesteinsstreichen folgt, erweitert sich das Klammprofil. Hier senken sich weniger steile, bewaldete Hänge bis zur Ache.

Der Stegbachzug richtet als Riegel bis 200 m hohe Wandabfälle, die z. T. gewaltige Harnischflächen darstellen, gegen S und quert das Tal fast rechtwinkelig. Der Klammkalk ist hier überwiegend massig bis dickplattig und reich an Kalzitadern, die Verfäلتelung infolge größerer Entfernung von der Klammüberschiebung geringer. Der Durchbruch der Ache durch den Stegbachzug wurde durch Längsstörungen und Querverschiebungen vorgezeichnet. Es entwickelte sich eine Klammstrecke mit sehr steilen Wandabfällen, doch ist das Profil nicht so extrem wie im Glösenbergzug (Fig. 4, Prof. 4).

Etwas südlich des Stegbachzuges folgt eine W—E streichende Schuppenzone, in der Phyllite bei weitem überwiegen. Es sind hauptsächlich Serizit-, schwarze Fuscher- und Kalkphyllite, meist stark tektonisch beansprucht. Das Talprofil ist hier breit, die Böschungen mäßig, Felsbildungen treten zurück (Fig. 4, Prof. 5). Zwei etwas breitere Klammkalkzüge, die der Phyllitserie eingeschaltet sind, bedingen auf kurze Strecke enge Talquerprofile an der Ache.

Die morphologische Wertigkeit der Gesteine der Klammserie und damit ihre Bedeutung für die Intensität des Klammphänomens ist sehr verschieden. Die engen Beziehungen der petrographischen Beschaffenheit und tektonischen Beanspruchung des Gesteins zur Gestaltung des Talquerprofiles treten in der Lichtensteinklamm besonders klar zutage. Sie lassen sich aber auch in den beiden anderen Klammern feststellen.

Phyllitische Zwischenschaltungen im Klammkalk sind vielfach herausgewittert und herausgewaschen. Es bilden sich tief eingreifende Nischen und Rinnen zwischen den aus Klammkalk bestehenden gegen die Ache vorspringenden Felskulissen. Die Böschungen in phyllitischen Gesteinen sind sanft. Felsbänder treten nur gelegentlich auf. Mit dem Klammkalk aber ist stets Wandbildung verbunden, besonders wenn er stark metamorph, d. h. kristallin, marmorisiert und reich an Quarz- und Kalzitadern ist. Solche Adern oder Linsen im Klammkalk sind im Achenbett stets durch fluviale Erosion als vorspringende Wülste herauspräpariert.

Aber auch tektonische Beanspruchung des Gesteins beeinflusst die Formung. Stets sind an Mylonitzonen, an Störungslinien mehr oder minder breite Furchen geknüpft, die von Gerinnen aufgesucht werden.

Es läßt sich folgende morphologische Wertigkeitsskala in der Richtung

vom widerständigen zum weniger widerständigen Gestein aufstellen: Stark metamorpher, reich verfältelter Klammkalk leistet der Erosion am meisten Widerstand, wie die besonders engen Querprofile in solchem Gestein zeigen. Die Verfältelung bewirkt Zähigkeit wie etwa ein stark verfilztes Gewebe. Darauf hat schon OHNESORGE (mündliche Mitteilung) hingewiesen. Dann folgen in der Skala abwärts massiger bis dickplattiger Klammkalk, Klammkalk mit Holzscheiterstruktur, Kalkphyllit, Serizitphyllit und Fuscher Phyllit.

In jedem Fall sind Phyllit-, Mylonit- und Kluftzonen Schwächelinien für die Erosion. Sie bedingen eine Profilerweiterung. Dasselbe gilt von Flußstrecken, die dem Gesteinsstreichen folgen. Auf die Bedeutung der Kluftflächen für die Entstehung von Weitungen im Klammprofil hat W. HEISSEL¹⁰⁾ ausdrücklich hingewiesen.

Die eben erörterten Beziehungen, die für die Gestaltung des Querprofiles Bedeutung haben, beeinflussen auch die Intensität des Klammphänomens. Stets ist es dort am extremsten, wo stark metamorpher, reich verfältelter Klammkalk auftritt oder dickplattiger Klammkalk quer zur Ache streicht und möglichst steil steht, wo die Klammkalkzone sehr mächtig ist und nicht durch phyllitische Zwischenschaltungen unterbrochen wird. Während im stark verfältelten Klammkalk überhängende Wände einander fast berühren, entwickeln sich im dickplattigen Klammkalk mit glatten Bewegungsflächen, an denen die plattige Absonderung erfolgt, zwar auch steile Wände, doch treten sie nicht so nahe aneinander heran. Auch die Annäherung an die Erosionsbasis wirkt verschärfend auf das Klammphänomen. Im Glösenbergzug sind die Querprofile viel enger als im Stegbachzug. Ein Wechsel der wirkenden Faktoren äußert sich oft in ganz plötzlichen Profilveränderungen. In der Schuppenzone bewirken Klammkalkzüge nur dort klammähnliche Strecken, wo sie genügend breit sind. Dieser Umstand spricht sehr für den großen Einfluß des petrographischen Faktors auf die Klambildung. Hier ist auch die Tatsache zu erwähnen, daß gerade am Nordende der Liechtensteinklamm zwei morphologisch extrem verschiedenwertige Zonen, der Klammkalk und die Mylonitzone, die an der durch die Divergenz der B-Achsen gekennzeichneten Klammüberschiebung auftritt, unmittelbar aneinandergrenzen. An dieser Stelle wurde die Klambildung besonders begünstigt, da der Unterschied in der Erosionsleistung in widerständigem und völlig zermürbtem Material recht groß sein mußte.

Die Kombination Kalkphyllit + gelegentliche Klammkalkzüge ist durch wesentlich extremere Querprofile gekennzeichnet als die Schuppenzone südlich der Klamm. Dies zeigt die Klammstrecke zwischen Glösenberg- und Stegbachzug. Offenbar ist Kalkgehalt der Gesteine der Ausbildung des Klammphänomens günstig.

Auffällig ist der Gegensatz zwischen rauhen Wänden in den Weitungen

und geglätteten Felsen in den extremen Klammstrecken. Talerweiternde Prozesse bedingen offenbar Aufrauhung der Talwände.

Erosionskolke sind besonders in den beiden extremen Strecken der Liechtensteinklamm ausgebildet und haben sich bis in 200 m Höhe über dem heutigen Achenniveau erhalten. In der oberen Klamm treten 2 bis 3 Kolkserien auf, die durch scharf vorspringende Kanten voneinander getrennt sind. Setzen wir sie zu 3 postglazialen Terrassen an der untersten Achestrecke nahe der Mündung in die Salzach in Beziehung, lassen sie sich als Ausdruck eines un stetigen Vorganges, einer phasenhaften Tiefenerosion, betrachten, die vielleicht durch Hebungen angeregt wurde.

Recht auffällig ist die Ineinanderschachtelung verschiedener Querprofile im Bereiche der Liechtensteinklamm. Das jüngste, schmalste Klammprofil ist in 700 m Höhe in ein Schluchtprofil eingesenkt und darüber folgen immer breiter geöffnete Querschnitte, die durch Gehängeknicke in 800, 860 und 940 m voneinander getrennt werden (Fig. 4, Prof. 1 und 2). Aus einem Vergleich mit den z. T. stratigraphisch datierbaren Salzachtalböden (TH. PIPPAN³²) läßt sich das oberste Profil als wahrscheinlich präglazial bezeichnen. Die Sohle jedes dieser Profile wurde im folgenden Interglazial fluviatil zerschnitten und in den Eiszeiten glazial verbreitert. Die Höhenabstände zwischen den Talsohlen entsprechen durchaus möglichen Tiefenerosionsleistungen, da sich allein für das Postglazial 60 m ergeben. Eine stärkere Abschrägung der rezenten Klammwände war aber noch nicht möglich. Die fluviatile Erosion mußte sich im widerständigen Klammkalk auf reine Tiefenerosion beschränken.

Spuren glazialer Bearbeitung lassen sich unter 860 m Höhe kaum beobachten. Der Gletscher war in seiner Erosionswirkung durch das enge Querprofil und zahlreiche gegen die Ache vorspringende Felskulissen behindert. So konnten sich denn auch ältere, hochgelegene Flußerosionsnischen bis heute erhalten. Erst in Höhen über 860 m, wo sich der Gletscher freier bewegen konnte, sind deutliche Spuren glazialer Glättung und Rundung erkennbar. Hier wurde auch eine sehr bemerkenswerte Seitenerosion entfaltet. Daher konnten die Profile über dem präglazialen Talboden selbst im Klammkalk stark verbreitert werden.

2. Die Kitzlochklamm (Fig. 2).

Ihre Formung hat viele Ähnlichkeiten mit der der Liechtensteinklamm. Die Kitzlochklamm wurde von der Rauris-Ache nahe dem Westende der Radstädter Einheit angelegt, wo sich diese in eine Reihe von Klammkalk- und Phyllitzügen zersplittert. Beiderseits der Klamm ragen nicht hohe Berge auf, sondern sie ist nur in den etwa 1000 m hoch gelegenen ehemaligen Salzachtalboden von Embach-March eingesenkt.

Die 700 m lange unterste Laufstrecke der Rauris-Ache vor ihrer Einmündung in die Salzach liegt in der tektonisch stark beanspruchten Grauwackenzone. Das Tal hat hier Schluchtcharakter. Auf eine an die Klammüberschiebung geknüpfte Lettenzone folgt gegen S die Klammserie. Sie beginnt mit einer etwa 130 m breiten nördlichen Klammkalkzone, die im W 842 m Höhe erreicht. Hier liegt die untere Klamm.

Nach einer wesentlichen Profilerweiterung folgt die 180 m breite Hauptklammkalkzone, die im E 1029 m Höhe erreicht. In ihr liegt die obere Klamm (Fig. 4, Prof. 7).

Gegen S schließt eine Schuppenzone an, in der 10 schmale Klammkalkstreifen einer differenzierten Phyllitserie eingeschaltet sind. Es liegt hier eine Schuppenzone wie südlich der Liechtensteinklamm vor. Der breiteste Klammkalkzug, der von Ellendfeld, erreicht nur 60 m Mächtigkeit.

Alle Klammkalkzüge der gesamten Radstädter Serie im Bereiche der Rauris-Ache streichen W—E und werden mit Ausnahme einer kurzen Strecke am oberen Klammende von der Ache unter hohem Winkel gequert. Sie sinken im Streichen flach nach W ab. Nahe der Klammüberschiebung fällt der Klammkalk steil N, saiger oder überkippt S, weiter aufwärts wird das Einfallen flacher, Quetsch- und Trümmerzonen treten zurück. Der Klammkalk ist dem W—E Streichen der B-Achsen folgend griffelig — stengelig, dünn- oder dickplattig ausgebildet, die Platten sind durch Bewegungsflächen voneinander getrennt. Der Grad der Verfältelung ist viel geringer als in der Liechtensteinklamm. Längsstörungen treten stark zurück. Nur bei der Ellendfeldkuppe Pt. 1066 sinken die Schollen an Harnischflächen, die das Gesteinsstreichen diskordant abschneiden, nach W ab. Blattverschiebungen kleiner Dimensionen sind aber häufig, vor allem zwischen dem nördlichen und Hauptklammkalkzug, nahe dem Südende der oberen Klamm, besonders jedoch in der Schuppenzone. Sie bewirken vielfach ein asymmetrisches Talprofil. Jeweils ist der Ostflügel weiter nach N vorgeschoben. Alle diese Störungen waren für die Anlage des Achenweges wichtig. Zwischen dem nördlichen und dem Hauptklammkalkzug durchsetzen große mit Mylonitzonen verbundene Störungen die ganze Höhe der Klammwände. Sie fallen vorwiegend steil N. An ihnen sinkt der nördliche Klammkalkzug gegenüber dem Hauptklammkalkzug um etwa 70 m ab. An den Bewegungsflächen treten verschmierte Grünschiefer und Grauwacken auf.

Die Talquerprofile stehen in enger Beziehung zu den geologisch-tektonischen Verhältnissen.

In der unteren Klamm ist der Klammkalk mehrfach von Zerrüttungs- und Kalkphyllitonen durchsetzt. Daher ist das Klammprofil nicht so extrem wie in der oberen Klamm. Infolge des Absinkens des nördlichen Klammkalkzuges sind die Klammwände nur 80 m hoch.

Zwischen unterer und oberer Klamm treten breitere Zwischenschaltungen von Phylliten und Schiefern auf. Dazu kommen beiderseits von oben nach unten durchgreifende Störungen, die von Mylonitzonen begleitet sind. Hier liegt die große Klammerweiterung (Fig. 4, Prof. 8).

In der oberen Klamm (Fig. 4, Prof. 7) tritt ungeschieferter, dickplattiger, saiger stehender Klammkalk mit reichlicher Quarz- oder spärlicherer Kalzitaderung entgegen. Die Klammwände erheben sich bis 160 m über das Achenniveau. Der Klammkalkzug ist viel breiter als in der unteren Klamm. Pralle, glatte Felswände, deren Abfälle gegen N und S Bewegungsflächen folgen, treten nahe aneinander. Überhängende Felsen aber gibt es im Gegensatz zur Lichtensteinklamm nicht. An Quetschzonen löst sich die Klammwand z. T. in Felskulissen auf. So entstand z. B. der Felsturm der Ederspitze. Das Klammprofil ist sehr eng. Es liegt hier eine 40 m hohe Wasserfallstufe vor.

Daß das Klammprofil in der Kitzlochklamm etwas breiter ist als in der Lichtensteinklamm hat verschiedene Ursachen: Die Klammkalkzüge sind schmaler, die Lagerung des Gesteins ruhiger, Einschaltungen von Phyllit- und Mylonitzonen häufiger und die Ache wasserreicher. (Großarl Ache $5 \text{ m}^3/\text{sec.}$, Rauris Ache $7,5 \text{ m}^3/\text{sec.}$)

Südlich der oberen Klamm folgt die Ache auf kurze Strecke innerhalb des Klammkalkes dem Gesteinsstreichen; das Querprofil wird breiter.

Nördlicher- und Hauptklammkalkzug vereinigen sich morphologisch zu einem deutlichen etwa 130 m breiten Riegel, dessen Rücken im N 180 m, im S 140 m über das Achenniveau aufragt. Darin sind ähnlich wie in der Lichtensteinklamm mehrere Querprofile ineinandergeschachtelt. Zu oberst ist das präglaziale Niveau der Hochfläche von Embach in 1000 m, bis 980 m folgt ein breites Sohlental, bis 900 m ein schmäleres, bis 860 m ein Schluchtprofil und von hier an deutlichem Knick absetzend das jüngste Klammprofil. Alle diese Querprofile konnten sich im widerständigen Klammkalk gut erhalten. Sie drücken den mehrfachen Wechsel glazialer und fluviatiler Erosion aus. Die höheren Querschnitte haben durch die Gletscherwirkung zugerundete Oberkanten und rundgebuckelte Felsflächen. In der rezenten Klamm, wo jede Eiswirkung fehlte, tritt das extrem enge Querprofil entgegen. Das Ausmaß der postglazialen Tiefenerosion beträgt wie an der Großarl-Ache etwa 60 m.

Durch fluviatile Erosion entstandene Auskolkungen treten in der Klamm bis 100 m über dem Achenspiegel auf, wenn auch nicht so schöne Kolkserien wie in der Lichtensteinklamm ausgebildet sind. Im Klammkalkzug von Ellendfeld finden sich an der westlichen Talseite deutliche Anzeichen von Kolkbildung $\frac{1}{2}$ km südlich der oberen Klamm neben der Straße Taxenbach-Rauris. Bei Pt. 914 westlich dieser Klamm sind ebenfalls Spuren fluviatiler Auswaschung und Glättung im Klammkalk zu sehen. Die Ache

muß im älteren Quartär, als der Klammriegel noch nicht bestand, im W geflossen sein und ihren Lauf dann etwas nach E verlegt haben. Infolge dieser Laufverlegung konnte sie trotz der geringen Breite der Klammkalkzüge im Riegel kein breiteres Querprofil schaffen, da sie mit der Erosion wieder neu beginnen mußte.

In der Schuppenzone südlich der oberen Klamm reicht der südlichste sehr schmale Klammkalkstreifen fast bis an die Gabbroamphibolitzone bei der Agersäge heran. Wie südlich der Liechtensteinklamm treten zwischen den Klammkalkzügen Quarzserizitphyllit, Serizitphyllit, Fuscher Phyllit und Kalkphyllit auf, doch überwiegt bei weitem der Serizitphyllit. Die Schuppenzone streicht wie die Gesteine des Klammriegels W—E und sinkt im Streichen flach nach W ab. Das Einfallen wird gegen S flacher. Oft durchsetzen Störungen und Harnischflächen die auftretenden kleinen Felsbänder. Dem Wechsel von Klammkalk und Phyllit entspricht eine Abfolge von Schluchtstrecken mit Felsabfällen und von Kerbtalabschnitten mit sanften Böschungen (Fig. 4, Prof. 9). Richtige Klammprofile entwickeln sich nicht mehr, dazu sind die Klammkalkzonen zu schmal, doch bedingen die breiteren ein gesteigertes Gefälle der Ache.

3. Die Gasteinerklamm. (Fig. 3.)

Sie liegt im mächtigsten und höchsten Teil der Klammkalkzone. An der Westseite erreicht das Rauchkögärl 1810 m, an der Ostseite das HaBeck 2100 m Höhe. Die Gasteiner Ache mündet bei Lend unmittelbar über der Salzach mit der 40 m hohen Stufe des Lender Falles, die in einer schmalen und kurzen nördlichen Klammkalkzone liegt. Eine Laufstrecke im Pinzgauer Phyllit fehlt. Nach S folgen zwei weitere geringmächtige Klammkalkzonen mit Kalk- und Fuscher Phylliteinschaltungen und dann die breite Serizitphyllitzone des Wegmachergrabens mit schmalen Kalk- und Fuscher Phyllit-zonen, sowie Klammkalkstreifen von Holzscheiterstruktur. Diese Zone hebt im Streichen nach E aus. Die Phyllite sind tektonisch völlig zerrüttet und sehr brüchig. Bis hierher quert die Ache das Gesteinsstreichen.

Südlich der Serizitphyllitzone des Wegmacher-Grabens betritt sie den fast 1 km breiten Hauptklammkalkzug und lenkt in dessen E—W-Streichen ein. Der Klammkalk ist stengelig bis massig ausgebildet, die Längsachsen der Stengel folgen dem allgemeinen Gesteinsstreichen. Quarz- und vor allem Kalzitadern treten viel spärlicher auf als in der Kitzlochklamm. Häufig sind lokale schieferige bis serizitische Einschaltungen im Klammkalk. An der Bahnbrücke setzt der eigenartige Gewölbebau der Klammserie ein. Die Ache biegt dann scharf in die N—S gerichtete eigentliche Klammstrecke um. Dem Klammkalk ist hier z. T. Kalkphyllit eingeschaltet, die Aderung spärlich.

Dann folgt recht plötzlich die große Profilerweiterung bei Klammstein mit tief eingreifenden Nischen beiderseits der Ache (Fig. 4, Prof. 12). Bei der Ruine Klammstein engt der Klammkalkzug Plattenwand-Punkt 1276 das Tal wieder ein, ohne daß aber eine Klamm entsteht. Dann folgt eine Talweitung in Serizitphyllit und kristallinen Schiefern und schließlich der südliche Klammkalkzug des Hörndl-Rückens und der Neufangwand, der zur größeren Einheit des Schuhflicker-Rauchkögerlzuges gehört. Da er zwischen den beiden Erhebungen durch eine Verzweigung der Serizitphyllitmulde des Rauchkögerls unterbrochen wird, verengt sich hier das Tal nur wenig (Fig. 4, Prof. 13). Südlich des letzten Klammkalkzuges folgt wieder eine Talweitung mit sanften Formen in einer differenzierten Phyllit- und Schieferzone.

Das Streichen der gesamten Klammserie ist im Mittel W—E. Die B-Achsen kommen in der häufig vertretenen, konkordant orientierten Holzscheiter- oder stengeligen Struktur des Klammkalkes und seinen ebenso W—E streichenden Verfältelungsachsen klar zum Ausdruck. Sie fallen nach W ein. Die Holzscheiter- oder stengelige Struktur des Klammkalkes weist auf eine Bewegung zwischen starren Backen. Das Einfallen der Gesteine ist als Ausdruck einer tektonischen Einengung im N saiger oder überkippt S. Die Kleinverfältelung hat viel geringeres Ausmaß als in der Liechtensteinklamm. Nach S bedingt der großzügigere Gewölbebau im Zentrum der Aufwölbungen eine teilweise ganz flache Gesteinslagerung. An ihrem N- und S-Flügel aber herrscht zunehmend steileres N- bzw. S- bis saigeres Einfallen. Im Hauptklammkalkzug treten 5 Gewölbe auf, südlich davon folgen noch das Gewölbe der Plattenwand und des Hörndl-Rückens. Der Gewölbebau bedingt schalige Absonderung des Gesteins und erleichtert die Höhlenbildung. Die Ursache der großzügigeren Tektonik im Vergleich zu den Nachbarklammern ist vielleicht darin zu suchen, daß hier der Druck der Klammdecke nach N zwar sehr groß war, daß es aber nahe dem Meridian der Ankogel-Hochalmkulmination, wo eine alte Tendenz zur Hebung vorliegt, eine Ausweichmöglichkeit nach oben gab. Es ist auffällig, daß hier die stengelige Struktur des Klammkalkes auf viel größerem Areal entgegentritt als in den Nachbarklammern.

Hand in Hand mit dem Gewölbebau geht der Muldenbau. In solchen Mulden erhielten sich die von oben eintauchenden Serizitphyllite und Begleitgesteine des Wegmacher-Grabens, des Rauchkögerl- und Haßeckgebietes. In der Umgebung des Rauchkögerls ragen einzelne felsige, steil abfallende Klammkalkkuppen aus einer verzweigten Serizitphyllitmulde heraus (Fig. 3). Die Serizitphyllite reichen südlich der Klamm an der westlichen Talseite von der Talsohle bis in 1760 m Höhe, im E bis in 1900 m. Hier sind sie neben kristallinen Schiefern als Begleitgesteine zwischen Haupt-

klammkalkzug—Plattenwand—Haßeck und zwischen Plattenwand—Hörndl-Rücken eingeschaltet.

Eine wichtige Rolle spielen häufig mit Mylonitzonen verbundene Störungen, an denen die Schollen unter Bildung von Harnischflächen verstellt sind. Von W und E her sinken die Klammkalkhöhen staffelförmig gegen die Ache ab (Fig. 4, Prof. 11). An der Westseite liegen diese Staffeln bei 1810 m (Rauchkögerl), 1480 m (Wallner), Pt. 1429, 1288 und 1258. Bei der Plattenwand setzen die Schollen an Harnischen, die das Gesteinsstreichen diskordant abschneiden, in drei Stufen gegen die Gasteinertalsole ab. Auch der Hörndlrücken zeigt ein staffelförmiges Absinken nach W. In gleicher Weise fallen die Höhen von S nach N an Harnischflächen ab. Der nördlichste Klammkalkstreifen des Lender Falles liegt um 80 m tiefer als die Klammkalkhöhen unmittelbar nördlich des Wegmacher-Grabens.

Dazu kommen Blattverschiebungen längs der Ache zwischen Haupt- und nördlichstem Klammkalkzug, wobei wie in der Kitzlochklamm der Ostflügel stärker gegen N vorgeschoben ist. Die Harnischflächen sind als Ausdruck einer E—W orientierten Gleitung in dieser Richtung gestriemt.

In der Gasteinerklamm liegt somit ein großartig differenziertes Störungsnetz vor. Die Gesteine sind stark tektonisch beansprucht, an den Störungszonen lebhaft gefaltet und gestreckt. Druckschieferung und Gleitharnische sind häufig zu beobachten.

Das Querprofil zeigt enge Beziehungen zur Stratigraphie und Tektonik. In der Zone des Lender Falles liegt die Erosionsbasis des Salzachtales am nächsten, der quer zur Ache streichende Klammkalk steht saiger, das Klammprofil ist nicht glazial erweitert. Hier entstand die extremste Klammstrecke, obwohl der Klammkalkzug nur schmal ist. An dieser Stelle dürfte sich auch der Einfluß der Hebung von Embach bemerkbar machen (Th. PIPPAN, 32).

In der Serizitphyllitzone des Wegmacher-Grabens treten trotz wenig festen Gesteins Felskulissen und Kaskaden auf. Es müssen da wohl die Nähe der Erosionsbasis und die erwähnte Hebung mitspielen, da im selben Gestein südlich aller drei Klammern gemäßigte Böschungen auftreten.

Im Hauptklammkalkzug liegt die eigentliche Gasteinerklamm in einem richtigen 600 m hohen Riegel (Fig. 4, Prof. 11). Das Klammphänomen ist aber viel weniger extrem als in der schmalen, niedrigen Klammkalkzone des Lender Falles. Auf der W—E-Strecke, wo die Ache den B-Achsen folgt, ist das Profil noch breiter als in der N—S-Strecke.

Merkwürdigerweise gibt es im Hauptklammkalkzug nur spärliche Kolke, übereinanderliegende Kolkserien fehlen überhaupt. Meist handelt es sich nur um stark verwischte, aber recht große Formen. Die schlechte Erhal-

tung der Kolke erklärt sich aus dem Auftreten phyllitischer Einschaltungen und den Wirkungen der Glazialerosion.

Diese hat ihre Spuren überall an den Klammwänden auch in tieferer Lage zurückgelassen. Wir finden vielfach geglättete, rundgebuckelte Felsflächen. Auch die Leisten und Oberkanten der Klammwände sind gerundet. Das Querprofil ist im Vergleich zu den Nachbarklammern viel breiter. Die Ineinanderschachtelung der Talquerschnitte ist durch die Wirkung starker Glazialerosion und die Interferenz mit tektonisch bedingten Staffeln verwischt, doch sind deutliche Gehängeknice in 900 m und um 1000 m da, die nicht mit Störungen zusammenhängen. Die rezenten Klammeinschnitte in den Nachbarklammern zeigen klar den Unterschied zwischen rein fluviatil und sowohl fluviatil als auch glazial bedingter Querprofilgestaltung. Der Gasteiner Gletscher ist jedenfalls während des Diluviums mehrfach durch die Hauptklamm gegangen, wobei er das Profil verbreiterte, die Wände glättete und fluviatil geschaffene Kolke beseitigte. In die Nachbarklammern konnten sich in den Einschnitt über der letzten interglazialen Talsohle höchstens schmale Gletscherzungen legen, welche nicht imstande waren, alle höher gelegenen Kolke zu verwischen.

Was die Querschnittsgestaltung der Gasteinerklamm des Hauptklammkalkzuges betrifft, ergibt sich das Problem: Weshalb hat diese Klamm, obwohl sie im höchsten Klammkalkriegel, im mächtigsten Klammkalkzug und so nahe der Hebungszone von Embach und der tiefen Erosionsbasis des Salzachtales liegt, trotzdem das breiteste Querprofil? Eine Reihe von Faktoren haben da Bedeutung:

Der durch großzügigere Faltung bedingte Gewölbebau bestimmt die flache Lagerung der Klammkalkmassen im Scheitel der Gewölbe. Hier konnte die Seitenerosion der Ache in die Trennungsfugen schaliger Absonderung eindringen. Der Fluß und der Gletscher brauchten nicht nur steil bis saiger stehendes Gestein zu queren. Das geschilderte reich differenzierte Störungsnetz erleichterte die Erosion, ebenso die geringere Kleinverfästelung, das spärlichere Auftreten von Quarz- und Kalzitadern und die häufigeren kalk- und serizitphyllitischen Zwischenschaltungen im Gestein. Eine Rolle spielte wohl auch das Eintauchen der Serizitphyllitmulden von oben, die vielleicht in der Klammstrecke weiter hinabreichten, jedenfalls aber die erste Anlage des Achenweges begünstigten. Ferner folgt die Ache auf längere Strecke dem W—E gerichteten Streichen des Hauptklammkalkzuges und seiner B-Achsen, die gerade dort in der Holzscheiter- und stengeligen Struktur des Gesteins gut ausgeprägt sind. Hier konnte die Erosion parallel zum E—W orientierten Gefüge erfolgreicher ansetzen. Die Umbiegung in die N—S-Strecke ist durch Störungen vorgezeichnet.

Dann erklärt sich das breitere Querprofil aus dem mehrfachen Durch-

gehen des Gasteiner Gletschers, der ein größeres Einzugsgebiet und damit größere Erosionskraft als der Rauris- und Großarl-gletscher hatte. Ferner ist auf den größeren Wasserreichtum der Gasteiner Ache hinzuweisen, deren Abfluß $10 \text{ m}^3/\text{sec.}$ beträgt. Dazu kommt noch das höhere Alter der Klamm. Hier konnte die Flußerosion schon prädiluvial verbreiternd und vertiefend wirken.

Alle diese Überlegungen bestätigen auch die bei den Nachbarklammern dargelegten Vermutungen über jene Faktoren, welche das Klammphänomen positiv beeinflussen.

Eine weitere Frage ist die Entstehung der Talweitung bei Klammstein. Hier hatten vor allem Störungen im Hintergrund der beiden Nischen Bedeutung. Auf der Westseite sinkt die Talkante im Klammkalk an Klüften gegen S ab. An dem nach S blickenden Abfall des Klammkalkriegels links der Ache ist eine große Harnischfläche in E—W-Richtung gestriemt, was auf eine Querverschiebung weist, die die Erosion erleichterte. Die Scrizitphyllitzone in streichender Fortsetzung der Mulde zwischen Wallner und Pt. 1276 verläuft auf der östlichen Talseite zwischen Hauptklammkalkzug und Plattenwand von 1300 m Höhe an aufwärts gegen E. Sie mag für die erste Anlage eines E—W gerichteten Gerinnes Bedeutung gehabt haben, das an der Ausräumung der östlichen Nische mitwirkte.

4. Ergebnisse des Vergleiches der drei Klammern:

Ein Vergleich der tektonischen, petrographischen und morphologischen Verhältnisse in den drei Klammern ermöglicht nun auch, die Ursachen des besonders extremen Klammphänomens an der Großarl-Ache zu erklären. Hier ist an die Wirkung folgender Faktoren zu denken: Der Klammkalk ist besonders stark kristallin und reich an Kalzitadern, die Verfältelung enorm. Der Glösenberg- und Stegbachklammkalkzug mit der Klammkalk + Kalkphyllitserie dazwischen bedingen eine fast 3 km lange Strecke kalkreichen Gesteins, in dem wesentliche Profilerweiterungen kaum möglich waren. Die Kombination Klammkalk + Kalkphyllit ist offenbar für die Ausbildung des Klammphänomens günstiger als die Schuppenzone verschiedener Phyllite + Klammkalk im S der drei Klammern. Sodann treten in den extremen Klammstrecken nur ganz spärliche Zwischenschaltungen von Kalkphyllit auf, andere Phyllite fehlen überhaupt. Zu diesen Faktoren, welche die Klammbildung förderten, kommt die geringe Wasserführung der Ache mit nur $5 \text{ m}^3/\text{sec.}$ und die stärkere glaziale Ubertiefung des Pongaus, welche die fluviatile Tiefenerosion gegenüber der Seitenerosion sehr begünstigen mußte.

Die vergleichende Betrachtung der drei Klammern hat gezeigt, daß die petrographischen und tektonischen Verhältnisse, der dadurch bedingte Grad der fluviatilen und glazialen Erosionswirkung, die Entfernung von der

Erosionsbasis, die Größe der Wasserführung und die Mächtigkeit der diluvialen Gletscher für die Intensität des Klammphänomens von entscheidender Bedeutung sind. Vor allem sei auf das Auftreten der Klamm an der Grenze zweier sehr verschieden widerständiger großer Gesteinskomplexe hingewiesen: des Klammkalkes im S und des Pinzgauer Phyllits der Grauwackenzone im N. Auf die Bedeutung des petrographischen Faktors für die Klambildung am östlichen Tauernnordrand haben ganz allgemein auch schon E. SEEFELDNER⁴³⁾ und H. P. CORNELIUS⁶⁾ mit Recht hingewiesen.

II. Die Mündungsstufen.

Eng verbunden mit dem Klammphänomen ist das Auftreten von Mündungsstufen. Alle drei Achen haben an ihrer Mündung große Gefällsbrüche. Die Stufenhöhe beträgt im Großarlital 123 m, im Gasteinertal 166 m und im Rauristal 142 m (Prof. 6, 10, 14). Die Ursachen für die Stufenbildung sind ähnlich wie für die Klambildung.

Die Mündungsstufen treten wie die Klamm an der Grenze von widerständigem Klammkalk und wenig festem Pinzgauer Phyllit auf. Die wasserärmeren Seitenbäche waren durch den festen, quer streichenden, steil oder saiger stehenden Klammkalk in der Tiefenerosion gegenüber der wasserreicheren Salzach benachteiligt, da diese im mürben, an der Klammüberschiebung völlig zerrütteten Phyllit arbeiten konnte.

Der Klammkalk erweist sich überhaupt stets als Wand- und Stufenbildner. Wo er fehlt, wie an der Tratten- und Dientenbach- oder an der Kleinarlachenmündung, fehlen auch die Stufen trotz geringerer Wasserführung der Seitenbäche. Die untersten Abschnitte von Großarl- und Rauristal liegen im Pinzgauer Phyllit; hier gibt es keine Stufen.

Die glaziale Konfluenzwirkung war bei der Entstehung der Rauris- und Gasteinertalmündungsstufe kaum von Bedeutung. Der Salzachgletscher war nämlich durch die Diffluenz bei Zell am See auf die Hälfte seiner Mächtigkeit reduziert. Daher konnte die Erosionskraft der Seitengletscher schon infolge ihres größeren Sohlengefälles nicht um so vieles geringer sein als jene des Hauptgletschers. Sie drängten den Salzachgletscher an die Nordseite des Haupttales, so daß am Talausgang der Stufenabfall weniger angegriffen wurde. Die rechtwinkelige Einmündung der Seitengletscher und die Enge des Haupttales in der Taxenbacher Enge bewirkten Eisstau und Stagnieren der Eismassen, wodurch die Glazialerosion behindert wurde. Die Haupttätigkeit des Salzachgletschers äußerte sich weniger in Tiefen- als in Seitenerosion, was die sprunghafte Verbreiterung der Tallichte um 300 m oberhalb der R—W interglazialen Terrasse anzeigt. Nur der Großarl-gletscher konnte frei ins breite Pongauer Becken fließen und seine Erosionskraft voll entfalten. Daher ist das Profil über dem präglazialen Talboden

im Bereich der Liechtensteinklamm wesentlich breiter als jenes in der Gasteinerklamm und deshalb auch die Stufenhöhe und das Gefälle trotz großer Mächtigkeit des Klammkalkzuges geringer als an der Gasteinertalmündung.

Drei Beobachtungstatsachen sprechen für die Beteiligung der Hebung an der Bildung der Rauris- und Gasteinertalmündungsstufe: In der Serizitphyllitzone des Wegmacher Grabens haben wir trotz sehr mürben Gesteins z. T. enge Klammprofile und Wasserfallstufen, während südlich der Klamm im selben Material nur eine stufenlose Schluchtstrecke vorliegt. Für das Rauristal ergab die Verfolgung der Talbodenreste die Mitwirkung der Hebung bei der Stufenbildung (Th. PIPPAN³²). Der Höhenunterschied zwischen den M—R und R—W interglazialen Talbodenresten in Haupt- und Nebental ist um 20 m größer als der zwischen den rezenten Talböden, weil die älteren Talböden von einer Aufbiegung betroffen wurden. Auch die wesentlich größeren Stufenhöhen der beiden westlichen Talmündungen gegenüber der Großartalmündung mögen durch stärkere Hebungsvorgänge mitbedingt sein.

Für die Erörterung der Frage, ob bei der Entstehung der Mündungsstufen die glaziale Umwandlung von Gefällsteilen eine Rolle spielte, ist nötig zu wissen, ob die Seitentäler schon im Präglazial Gefällsbrüche an ihrer Mündung hatten.

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 nordwärts drängenden Salzach nachgerückt, wobei Riegel und Stufe entstanden. Es ist für den Bereich der Rauristalmündung ein Einsetzen der Hebung im R—W-Interglazial wahrscheinlich und damit ein wenigstens z. T. tektonisch bedingter Gefällsbruch zu dieser Zeit. Nun war aber damals der Riegel schon 130 m hoch, da ein R—W interglaziales Konglomerat etwa 40 m über dem Achenspiegel südlich der Klamm auftritt. An der Riegelhöhe war die Hebung mit 20 m beteiligt. Das Zusammenfallen seiner Breite mit der des nördlichen und Hauptklammkalkzuges zeigt die große Bedeutung des widerständigen Gesteins, dessen Auftreten in einer seit dem R—W-Interglazial sich hebenden Scholle die Tiefenerosion der Ache in erhöhtem Maße beeinträchtigen mußte.

Der Klammriegel entstand allmählich, 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 südlich die Talsohle tieferlegen konnte. Mit zunehmendem Höhenwachstum des Riegels vergrößerte sich der Gletscherstau daran und damit der Unterschied in der glazialen Erosionswirkung in der Nachbarschaft des Klammkalkzuges und weiter oberhalb desselben. Durch

diesen Prozeß der Selbstverstärkung wuchs der Klammriegel immer höher über die jeweilige Talsohle empor. Weil er schon im letzten Interglazial sehr hoch war, muß seine Bildung in früheren Epochen des Diluviums eingesetzt haben. Bereits der M—R interglaziale Talboden stieß 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 begann, der Riegel aber schon früher nachweisbar ist, muß seine Entstehung vor allem petrographisch und durch die geschilderte selektive Glazialerosion bedingt sein, denn der Gesteinsgegensatz Klammkalk—Phyllit bestand bereits lange vor dieser Dislokation. Es ist mithin an dieser Stufe nicht der typische Fall einer umgewandelten Gefällssteile gegeben.

Etwas anders liegen die Verhältnisse im Gasteinertal. Hier erhebt sich der Klammriegel an der Westseite auf 1442 m Höhe weit über das Niveau des präglazialen Talbodens hinaus, dessen Reste südlich der Klamm in 1050 m, nördlich in 900 m auftreten, war also schon vordiluvial da. Für sein noch höheres Alter sprechen über dem Niveau der präglazialen Leisten gelegene Talbodenreste, die bereits an ihm absetzen. Aber seine Entstehung ist ähnlich wie im Rauristal in erster Linie gesteinsbedingt, da der Gesteinsgegensatz Klammkalk—Phyllit schon ursprünglich gegeben war. Weil die verbogenen Leisten in der Klamm durch den schaligen Bau des Klammkalkes mitbedingt sein können (eine Entscheidung hierüber ist wegen Geländeschwierigkeiten unmöglich) und die Datierung älterer Talbodenreste infolge tektonischer Verstellungen sehr unsicher ist, läßt sich eine Antezedenz des Durchbruches kaum nachweisen, doch ist sie möglich.

Beim Großarltal war der Gefällsbruch an der Mündung schon präglazial vorhanden, wie der Höhenunterschied des präglazialen Talbodens erkennen läßt, der am Glösenberg in 940 m, bei Sulzau in 820 m Höhe vorliegt, mithin zwischen Großarl- und Salzachtal 120 m beträgt. Die Stufe konnte sich bis heute an der Grenze morphologisch verschiedenartiger Gesteine erhalten und ist somit in erster Linie petrographisch bedingt. Der Riegel zwischen Stegbach—Glösenberg wurde in ähnlicher Weise wie im Rauristal im Zuge der selektiven Glazialerosion durch einen Prozeß der Selbstverstärkung herauspräpariert. Seine Höhe erreicht ähnlich wie dort nur das Niveau des präglazialen Talbodens. Es ist somit auch hier nicht exakt nachzuweisen, daß die heutige Stufe aus der Umwandlung einer tektonisch bedingten Gefällssteile hervorging.

Daß bei der Zerschneidung der Stufen der Wechsel von Glazial und Interglazial, von Gletscher- und Flußerosion seine Spuren hinterließ, zeigt die Ineinanderschachtelung mehrerer Querprofile unter dem Niveau des präglazialen Talbodens in allen drei Klammern, die von unten nach oben

zunehmende Talbodenbreite und glaziale Zurundung der Oberkanten erkennen lassen. Das feste Gestein bewahrte die einzelnen Formen gut.

Das Längsprofil der Täler ist durch die Abfolge von Stufenfluren in den Schluchtstrecken und von Stufenabfällen in den Klammstrecken gekennzeichnet. Dies könnte durch mehrere Hebungsphasen erklärt werden, wenn nicht die geschilderte Differenzierung des Talweges so auffällig mit dem Wechsel von Klammkalk und Phyllit bzw. großen Störungszonen in Korrelation stünde, und zwar so, daß die Stufenabfälle jeweils in den wenig gestörten Klammkalkzonen liegen. Eine reinliche Scheidung dessen, was bei Entstehung solch un stetiger Profile auf Konto der Gesteinsqualität und der Störungen und was auf phasenhafte Hebung zu setzen ist, ist äußerst schwierig. Offensichtlich behinderte der Wechsel von widerständigem und nachgiebigem Gestein ein gleichmäßiges Zurückwandern der Mündungsstufen und bedingte deren Auflösung in einzelne Etappen. Daß im Rauris- und Gasteinertal zwischen den einzelnen Stufenabfällen auch im weichen Gestein kein Talboden entstand, ist jedenfalls durch die Aufwölbung bei Embach zu erklären. Dasselbe gilt von den gegenüber der Großarlachene mündung wesentlich größeren Stufenhöhen.

Sehr auffällig ist in diesem Zusammenhang das Auftauchen der Klammkalkzone in einem Gebiet, das sich symmetrisch beiderseits des Meridians der Ankogel-Hochalm-Kulmination anordnet und durch Tendenz zur Hebung gekennzeichnet ist. Das macht es wahrscheinlich, daß bei der Entstehung und Erhaltung aller drei Mündungsstufen Hebungsvorgänge mitbeteiligt sind, wenn dies auch infolge des differenzierten petrographischen Baues der Gebiete nicht exakt nachweisbar ist. Ich verweise auf die drei postglazialen Kolkserien und Terrassen im Mündungsgebiet der Großarl Ache und die sehr wahrscheinlichen Aufbiegungen in der Taxenbacher Enge (Th. PIPPAN³²).

Die besonders große Stufenhöhe an der Gasteinertalmündung hängt wohl mit dem unmittelbar über der Salzach befindlichen Klammkalkzug des Lender Falles zusammen. Dieser setzt eine lokale Erosionsbasis und verzögert den Ausgleich der Gefällskurve. In den Nachbartälern liegt der nördlichste Klammkalkzug wesentlich weiter von der Salzach entfernt. Auch die Lage im Meridian der Ankogel-Hochalm-Kulmination mag für die große Stufenhöhe von Bedeutung sein.

Als Ergebnis der vergleichenden Untersuchungen über die Mündungsstufen der drei Täler des östlichen Tauernnordrandes ist festzuhalten, daß ihre Entstehung und Erhaltung auf ähnliche Ursachen zurückgeht wie die Klamm bildung, nämlich auf die tektonischen und reich differenzierten petrographischen Verhältnisse des Gebietes, das dadurch bedingte Ausmaß der selektiv arbeitenden fluviatilen und glazialen Erosion, die Entfernung

der stufenbildenden Gesteinszüge von der Haupterosionsbasis und die unterschiedliche Größe der Wasserführung von Haupt- und Nebenfluß.

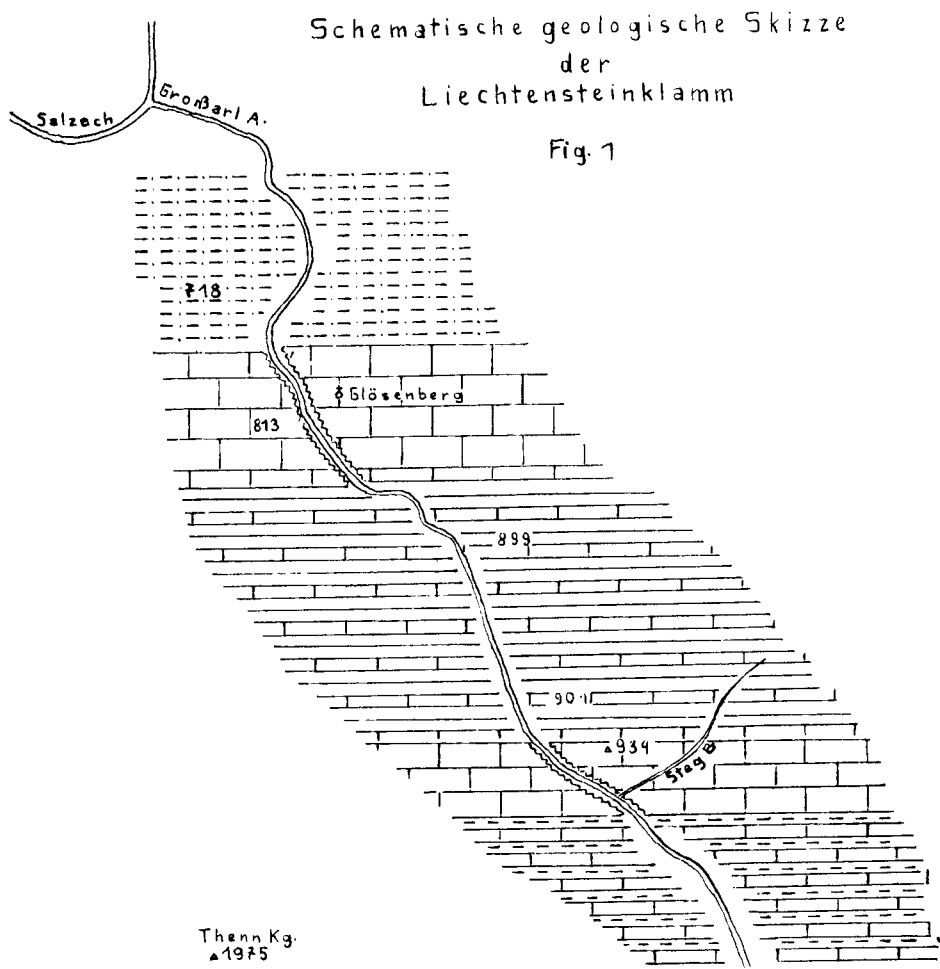
(Bei der Schriftleitung eingegangen am 8. Jänner 1954.)

Literaturverzeichnis.

1. Braumüller E.: Der Nordrand des Tauernfensters zwischen dem Fuscher- und Rauristal. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 30, 1937.
2. Braumüller E.: Aufnahmebericht über Blatt St. Johann im Pongau (5050) — Vhdlg. Geol. B.-A., Wien, 1938.
3. Brückner E.: Die Vergletscherung des Salzachgebietes. — Geogr. Abhdlg. I/1, 1886.
4. Burchard A.: Neue Erkenntnisse zum Stufenbau der Alpentäler. — Petr. Mitt. 69, 1923.
5. Del Negro W.: Geologie von Salzburg. — Innsbruck, 1950.
6. Distel L.: Die Formen alpiner Hochtäler, insbesondere im Gebiet der Hohen Tauern, und ihre Beziehungen zur Eiszeit. — Mitt. Geogr. Ges. München, 7, 1912.
7. Fisch W.: Zur Geologie der Gasteinerklamm bei Lend. — Ecl. Geol. Helv., Basel 1932.
8. Götzing G.: Führer für die Quartärexkursionen in Österreich. — Geol. B.-A., Wien, 1936.
9. Heißel W.: Aufnahmebericht auf Blatt St. Johann im Pongau. — Vhdlg. Geol. B.-A., Wien, 1939.
10. Heißel W.: Grauwackenzone der Salzburger Alpen. Geol. Führer zu den Exkursionen. — Vhdlg. Geol. B.-A., Sonderheft A, 1950/1.
11. Heißel W.: Aufnahmen auf den Kartenblättern 124/4 Taxenbach, 125/3 St. Johann im Pongau der neuen österr. Karte 1:25.000, früher Blatt St. Johann im Pongau, 5050, der österr. Spezialkarte 1:75.000, Bericht 1950. — Vhdlg. Geol. B.-A., Wien, H. 2, 1950/1.
12. Heißel W.: Aufnahmen 1952 im Raum des früheren Kartenblattes 1:75.000, St. Johann im Pongau, 5050 (Tauernnordrand). — Vhdlg. Geol. B.-A., Wien, 1953.
13. Heritsch F.: Die Grundlagen der alpinen Tektonik. — Berlin, 1923.
14. Hottinger A.: Über Untersuchungen in den zentralen Hohen Tauern. — Ecl. Geol. Helv., Basel, 1931.
15. Hottinger A.: Zur Geologie des Nordrandes des Tauernfensters in den zentralen Hohen Tauern. — Ecl. Geol. Helv., Basel, 1934.
16. Hottinger A.: Geologie der Gebirge zwischen der Sonnblick-Hocharngruppe und dem Salzachtal in den östlichen Hohen Tauern. — Ecl. Geol. Helv., Basel, 1935.
17. Kautsky F.: Jüngere Verbiegungen in den Ostalpen. — Sitzber. Ak. Wiss. Wien, 133, H. 1—3, 1924.
18. Kieslinger A.: Aufnahmebericht über Blatt Hofgastein. — Vhdlg. Geol. B.-A., Wien, 1937.
19. Kieslinger A.: Aufnahmebericht über Blatt Hofgastein. — Vhdlg. Geol. B.-A., Wien, 1938.
20. Klebelsberg R. v.: Die Gesteine der zentralen Ostalpen östlich vom Brenner. — Der Hochtourist in den Ostalpen, 1928.
21. Klebelsberg R. v.: Handbuch der Gletscherkunde und Glazialgeologie. — Wien, 1948.
22. Klimpt H.: Morphogenese der Sonnblickgruppe. — Geogr. Jahresber. aus Österreich, 1941/42, Wien, 1943.

23. Kober L.: Bericht über geologische Untersuchungen in der Sonnblickgruppe und ihrer weiteren Umgebung. — Sitzber. Ak. Wiss. 121, Wien, 1912.
24. Kober L.: Bericht über die geotektonischen Untersuchungen im östlichen Tauernfenster und seiner weiteren Umgebung. — Sitzber. Ak. Wiss. 121, Wien, 1912.
25. Kober L.: Das östliche Tauernfenster. — Anz. Ak. Wiss. 57, Wien, 1920.
26. Kober L.: Der geologische Aufbau Österreichs. — Wien, 1938.
27. Lichtenecker N.: Das Bewegungsbild der Ostalpen. — Die Naturwissensch., 13. Jg., H. 35, 1925.
28. Morawetz S.: Eiszeitliche Vergletscherung und eiszeitliches Einzugsareal in den Hohen Tauern. — Ztschr. f. Glkde., XX, 1932.
29. Ohnesorge Th.: Aufnahmebericht über Blatt St. Johann im Pongau (5050) — Vhdlg. Geol. B.-A., Wien, 1926.
30. Penck A. u. Brückner E.: Die Alpen im Eiszeitalter. — Leipzig, 1909.
31. Pippan Th.: Morphologische Untersuchungen in den nördlichen Tauerntälern — Diss., Mitt. d. Ges. für Salzburger Landeskunde, 1949.
32. Pippan Th.: Das Problem der Taxenbacher Enge. — Vhdlg. Geol. B.-A., Wien, 1949, H. 10—12.
33. Pippan Th.: Geographischer Führer für die Bahnstrecke Salzburg—Innsbruck Wien, 1952.
34. Sander B.: Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper. — Wien, 1948.
35. Schmidt W.: Grauwackenzone und Tauernfenster. — Jb. Geol. B.-A., Wien, 1921.
36. Schmuck A.: Beiträge zur Geomorphologie der Sonnblickgruppe. — Mitt. naturwiss. Ver. f. Steiermark 69, Graz, 1932.
37. Schwinner R.: Die älteren Baupläne in den Ostalpen. — Ztschr. D. Geol. Ges. 81, 1929.
38. Schwinner R.: Das Transversalbeben vom 14. Mai 1930 und der variszische Tiefbau der Hohen Tauern. — Vhdlg. Geol. B.-A., Wien, 1930.
39. Schwinner R.: Das Schwereprofil der Tauernbahn. — Gerlids. Beitr. z. Geoph. 29, 1931.
40. Schwinner R.: Das Bewegungsbild des Klammkalkzuges. — Zbl. f. Min.; Geol. u. Pal., Stuttgart, 1933.
41. Seefeldner E.: Zur Morphologie der Salzburger Alpen. — Geogr. Jahresber. aus Österr. XIII, Wien, 1926.
42. Seefeldner E.: Die Taxenbacher Enge. Eine morphologische Studie. — Mitt. d. Gesellsch. f. Salz. Landeskunde 68, 1928.
43. Seefeldner E.: Geographischer Führer durch Salzburg, Alpen und Vorland. — Sammlung geogr. Führer III, Berlin, 1929.
44. Singer M.: Geologische Erfahrungen im Talsperrenbau. — Ztschr. d. österr. Ing- u. Archit.-Ver., Nr. 20, Wien, 1913.
45. Sölch J.: Zur Entwicklung des Talnetzes der Alpen. — Ztschr. f. Geom. IX, H. 6, 1936.
46. Sölch J.: Das Formenbild der Alpen. — G. Z., 31. Jg., 1925.
47. Sölch J.: Fluß- und Eiswerk in den Alpen zwischen Ötztal und St. Gotthard. — Petr. Mitt., Erg.-H. 219, Heidelberg, 1935.
48. Stark M.: Vorläufiger Bericht über geologische Aufnahmen im östlichen Sonnblickgebiet und über die Beziehungen der Schieferhüllen des Zentralgneises. — Sitzber. Ak. Wiss. 121, Abt. 1, Wien, 1912.
49. Till A.: Das geologische Profil von Berg Dienten nach Hofgastein. — Vhdlg. Geol. B.-A., Wien, 1906.
50. Trauth F.: Geologie der nördlichen Radstädter Tauern und ihres Vorlandes. — Denkschr. Ak. Wiss. 101, Wien, 1928.

51. Winkler A.: Aufnahmebericht über Blatt Hofgastein. — Vhdlg. Geol. B.-A., Wien, 1921.
52. Winkler A.: Bemerkungen zur Geologie der östlichen Hohen Tauern. — Vhdlg. Geol. B.-A., Wien, 1923.
53. Winkler A.: Tektonische Probleme in den östlichen Hohen Tauern. — Geol. Rdsch. 15, 1924.



Schematische geologische Skizze der Kitzlochklamm

Fig. 2

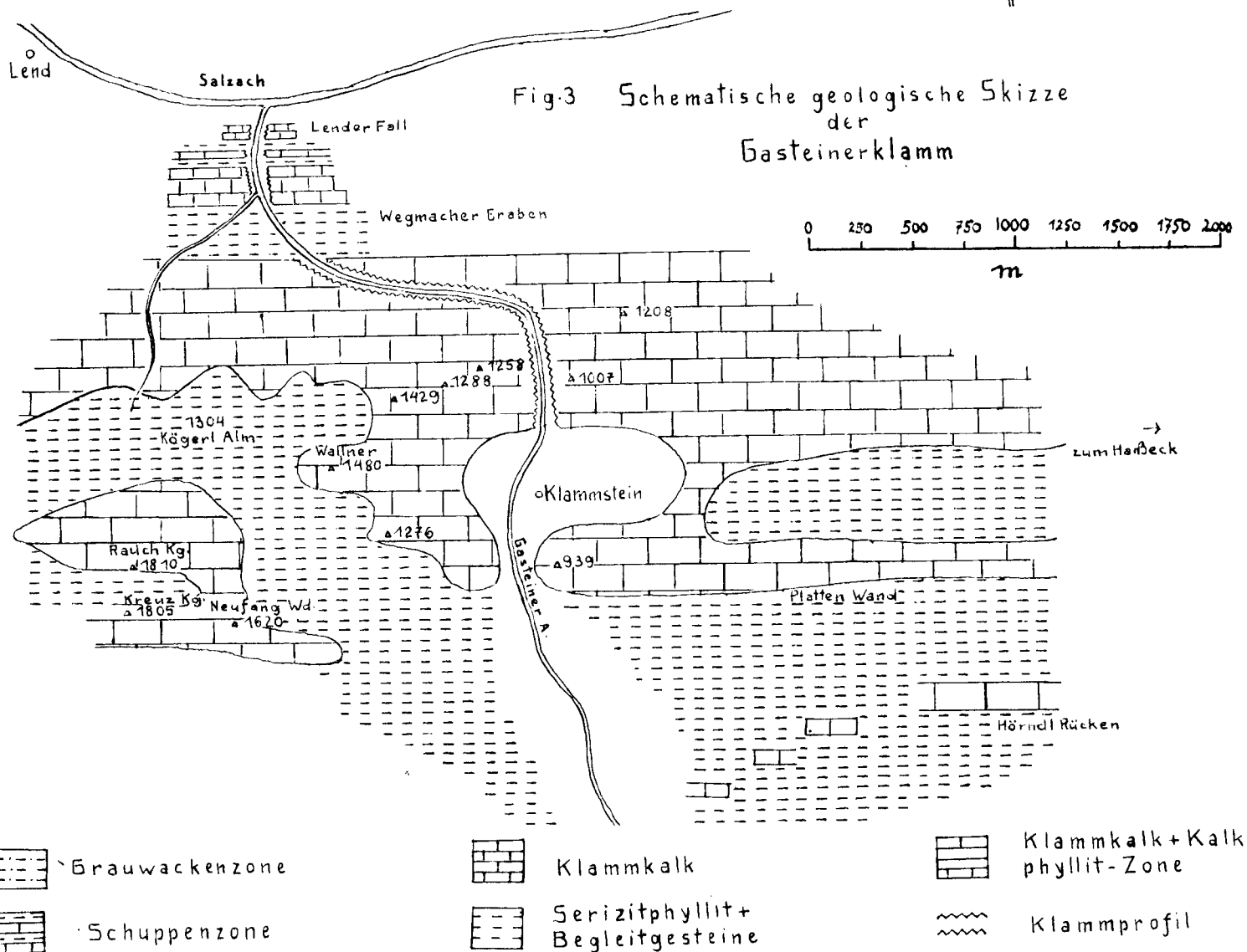
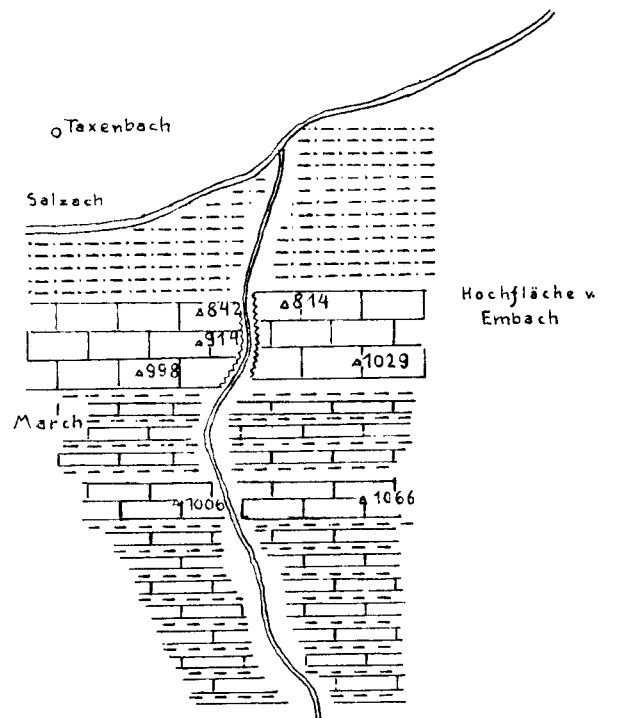
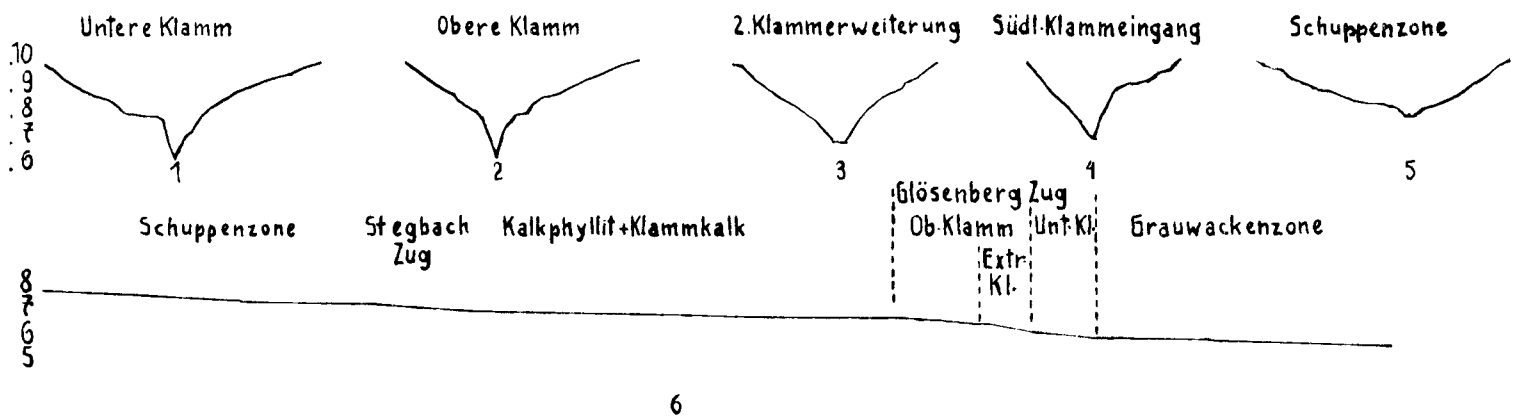
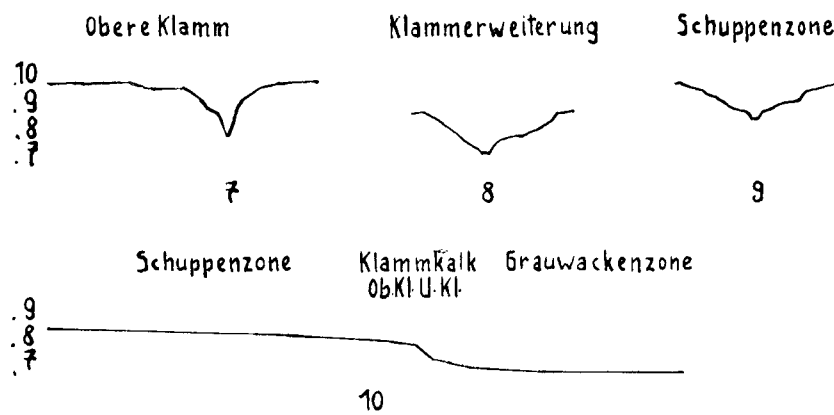


Fig. 4
Quer- und Längsprofile
Liechtensteinklamm



6
Kitzlochklamm



Gasteinerklamm

