

# ERGEBNISSE GLAZIAL-MORPHOLOGISCHER UNTERSUCHUNGEN IN DEN SALZBURGER ZENTRALALPEN

Von Prof. Dr. Therese Pippan

## I. Einleitung

Langjährige glazialmorphologische Studien in den Salzburger Zentralalpen, vor allem in den Hohen Tauern, und der Vergleich der Ergebnisse mit solchen, die durch Untersuchungen in anderen im Pleistozän vergletschert gewesenen Gebirgen Europas (Norwegen, Lake District in Nordengland, Böhmerwald) gewonnen wurden, führten für unseren alpinen Bereich zu Resultaten, die vielleicht auch für andere Gebirge von Bedeutung sein können.

Die W—E streichenden Hohen Tauern erreichen mit dem Großglockner 3798 m. Infolge dieser bedeutenden Höhe sind sie ein besonders günstiges Gebiet für glazialmorphologische Untersuchungen. Vom Oberoligozän bis ins Untermiozän war das Gebirge noch niedrig. Seit dem obersten Miozän oder untersten Pliozän aber wurde es als Primärrumpf wiederholt herausgehoben, wobei die Hebung immer weiter ausgriff. Dabei erfuhr die alte Landoberfläche, die sogenannte Raxlandschaft, der wahrscheinlich miozänes Alter zukommt, eine starke Zerschneidung, so daß kaum 1% der ursprünglichen Flachformen erhalten blieben. Die Aufwölbung war mit einer Großfaltung, mit Längs- und Querverbiegungen, Kulminationen und Depressionen verbunden. In den Kulminationszonen trat der Zentralgneis unter der Schieferhülle zutage, nämlich im Großvenediger-, Granatspitz-, Sonnblick- und Ankogel-Hochalm-Gebiet. In den Depressionszonen, z. B. im Raum des Großglockners, blieb die petrographisch sehr reich differenzierte Schieferhülle in großer Mächtigkeit erhalten. Trotz starker erosiver Zerschneidung haben sich in der Nähe des Gipfelbereiches größere Flachformen erhalten, in denen sich infolge der bedeutenden Höhenlage Firnfelder entwickeln konnten. Im Pleistozän war das Gebirge von einer sehr intensiven Gebirgsvergletscherung betroffen, die ein Eisstromnetz bildete.

## II. Die Stufenbildung

### 1. Talwegstufen:

Mit der phasenhaften Hebung, die zur Ausbildung einer Rumpftreppe führte, hängt die erste Anlage der Gefällsteilen als Vorform der Talwegstufen zusammen. An ihrer Ausbildung beteiligten sich aber auch die lithologischen Unterschiede im Tallängsprofil. An der Grenze widerständiger gegen leichter zerstörbarer Gesteine (Zentralgneis, Grüne Gesteine, Kalkglimmerschiefer gegenüber Phyllit, tektonisch zertrümmertem Gestein) war ein weiterer Anlaß zur Entwicklung von Gefällsteilen gegeben. Besonders günstig für ihre Anlage war das Auftreten steil stehender, quer zum Tal streichender, dicker Gesteinsplatten.

Während des Pleistozäns wurden diese zunächst tektonisch und lithologisch vorgezeichneten Gefällsteilen glazial umgestaltet, verbreitert, versteilt und geschliffen, so daß markante, oft sehr hohe Talwegstufen entstanden. Infolge fortdauernder Hebung und der verzögernden Wirkung des festen Gesteins wurden die aufwärts-wandernden Talköpfe mehrerer Talgenerationen am Stufenabfall verheftet. Auch die Vergletscherung hat die fluviale Zerschneidung der Stufen verlangsamt, so daß sie

in größerer Höhe erhalten bleiben. Ein besonders gutes Beispiel für die Stufenbildung bietet das Kapruner Tal. Hier hat an der Bildung der beiden oberen Talwegstufen auch glaziale Konfluenz mitgewirkt. Durch verstärkte Glazialerosion am Stufenfuß wurde der Abfall immer höher. A. Penck hat in zu einseitiger Weise nur die Wirkung glazialer Konfluenz oder Diffluenz für die Erklärung der Stufenbildung herangezogen, ohne die lithologischen und tektonischen Faktoren zu berücksichtigen. Der Wechsel von Glazial und Interglazial, Eis- und Flußerosion äußert sich in der ineinanderschachtelung mehrerer Querprofile unter der präglazialen Talsohle der Stufe. Durch die Gletschertätigkeit entstanden oft schildförmig vorgewölbte, geschliffene Felsbuckel am Stufenabfall.

## 2. Die Abfolge von Becken und Schwellen:

In engem Zusammenhang mit der Bildung von Talwegstufen steht die Abfolge von Becken und Schwellen mit aufgesetzten Riegeln im Längsprofil glazial gestalteter Täler. Ihre erste Anlage geht auf die wiederholte Verjüngung im Zuge der zyklischen Entwicklung der Täler und auf das Auftreten fester Gesteine an gegen das Tal vorspringenden Hangspornen zurück. Aber die letzte Ausgestaltung erfolgte durch die Wirkung der eiszeitlichen Talgletscher. Durch ihre Konfluenz ergab sich am Fuß hoher Stufen eine auskolkende Wirkung, die durch weiches oder tektonisch zerrüttetes Gestein gefördert werden konnte. Die glaziale Anlage der Form geht aber in erster Linie auf die spezifische Bewegungsmechanik eines rotierenden Gletschers zurück, wenn er rasch und unbehindert über eine Stufe fließt und ein großes Oberflächengefälle hat, so daß sich seine Sohle über einen Riegel aufwärts bewegen konnte. Die Abfolge von Becken und Schwellen ist ein Abbild der konkav verlaufenden Stromlinien der jeweiligen Gletscherzunge und geht auf eine Art glazialer Kolkwirkung am Fuß von Stufen zurück. Diese einmal vorgezeichnete Formung wurde dann durch einen Prozeß der Selbstverstärkung in jeder folgenden Eiszeit stärker herauspräpariert, indem die Beckensohle oberhalb des Riegels ständig tiefer gelegt, dieser selbst aber infolge der durch Stauung des Gletschers an ihm verringerten Glazialerosion immer höher herausgearbeitet wurde. Das beste Beispiel für diesen Prozeß ist der Riegel der Höhenburg zwischen Mooser- und Wasserfallboden im Kapruner Tal. Die Abfolge von Becken und Schwellen mit Riegeln ist dann besonders typisch entwickelt, wenn die Täler das Gebirgstreichen queren, wenn infolge mehrphasiger Hebung mit wachsender Phase schon präglazial regelmäßige Gefällsteilen vorhanden waren und wenn breite Zonen harter, steil gestellter, mächtiger Gesteinsplatten das Tal queren. Diese Bedingungen sind im Kapruner Tal gegeben.

## 3. Die Mündungsstufen der Seitentäler:

Ein weiteres kennzeichnendes Phänomen glazialer Wirkung sind Mündungsstufen der Seitentäler gegen das Haupttal, die in mehreren Fällen am Nordrand der Hohen Tauern gegen das Salzachtal ausgebildet sind. Die Tatsache, daß nicht alle Seitentäler mit Gefällsbrüchen münden, geht auf ein sehr kompliziertes Wechselspiel verschiedener Faktoren zurück.

Bei spitzwinkliger Einmündung eines Seitengletschers in den Salzachgletscher konnten durch Hebung oder petrographische Verhältnisse vorgezeichnete Stufen an der Grenze von Zentralgneis-Phyllit niedergeschliffen werden, wie dies im Obersulzbachtal der

Fall war, während bei stumpfwinkliger Einmündung oder bei Auftreten fester Gesteinszonen z. B. im Krimmler Tal Gletscherstau erfolgte, so daß bei ähnlichen tektonischen und petrographischen Verhältnissen eine hohe Mündungsstufe entstehen konnte wie im Untersulzbachtal. Die schluchartigen Ausgänge von Hollersbach- und Felbertal gehen auf durch selektive Glazialerosion bedingte Spornbildung in festem Chlorit-schiefer zurück, der das Tal quert. Auch an der Mündung des Kapruner Tales erstreckt sich an der linken Talseite ein Kieselkalksporn schräg gegen das Tal. Alle diese Ausläufer entwickelten sich im toten Winkel zwischen Haupt- und Nebengletscher. Eigentlich wären Salzachtal abwärts immer höhere Mündungsstufen zu erwarten, da mit zunehmender Mächtigkeit des Hauptgletschers der Tiefenerosionsunterschied zwischen Haupt- und Seitengletscher immer größer werden mußte. Dies ist aber nicht der Fall. Vom Stubach- bis zum Fuscher Tal treten gleichsohlige, offene Mündungstrichter entgegen. Das erklärt sich zunächst aus der petrographischen Ähnlichkeit von Haupt- und Nebentälhängen im Mündungsgebiet, die beide aus Phyllit bestehen, was der Stufenbildung ungünstig war. Dann verringert sich talauswärts das Sohlengefälle und damit die Fließgeschwindigkeit und Erosionskraft des Hauptgletschers, während die Seitengletscher 25 bis 33% Sohlengefälle hatten und ihre Täler viel stärker zu erodieren vermochten. So war es ihnen leicht möglich, die mäßige Übertiefung des Haupttales zu kompensieren. Dazu kommt die zunehmend starke Verschüttung des Salzachtals. Schließlich ist darauf hinzuweisen, daß das Salzachtal nach E bis Hasenbach ein rückläufiges Sohlengefälle besitzt.

Die hohen Mündungsstufen von Rauriser-, Gasteiner- und Großarlal sind in erster Linie durch den Gesteinsgegensatz harter Klammkalk — weicher Phyllit, aber auch durch die Wirkung der Hebung am Tauernnordrand zu erklären. Dieser tektonischen Bewegung gegenüber konnte sich die wasserreichere Salzach leichter behaupten als die schwächeren Nebenflüsse, deren Tiefenerosion durch den quer streichenden Klammkalkzug behindert wurde, so daß sich ein Klammprofil entwickelte. Als dritter Faktor wirkte noch die glaziale Übertiefung des Haupttales, die besonders im Pongauer Becken ein bedeutendes Ausmaß erreichte, was für die Entwicklung der hohen Mündungsstufe an der Mündung des Großarltales wichtig war. Dazu kam die Wirkung des Gletscherstaus in der Taxenbacher Enge, welche die Beseitigung der Gefällsbrüche am Ausgang von Rauriser- und Gasteiner Tal erschwerte.

### *III. Die Trogtäler*

Ein weiteres charakteristisches Formenelement glazialer Erosion sind Trogtäler und Kare. Kurven, die auf die Auswertung statistischer Daten aus Karten und Geländestudien in den Salzburger Zentralalpen zurückgehen, zeigen, daß die tektonischen und lithologischen Verhältnisse dieser Gebiete für die Formung der Kare und Tröge von großer Bedeutung sind. Daher können auch bei gleicher orographischer Höhe der Gebirge, aber verschiedenem Alter der Hebung, diese Formen einen verschiedenen Grad von Deutlichkeit zeigen. Die Entstehung von steilen, glatten Wänden an Karen und Trögen wurde durch Bewegungs-, Kluft-, Bruch- und Schichtflächen in einheitlichem Gestein, dessen Platten parallel zum Talverlauf streichen und mit dem Gehänge einfallen, gefördert.

Die Trogtäler entwickelten sich aus einer in eine weit offene präglaziale Talsohle eingesenkten unmittelbar präglazialen Kerbe, wobei sich durch die Erosion des Talgletschers eine deutliche Trogschulter entwickeln konnte. Infolge der komplizierten Stratigraphie und Tektonik im Bereich der Hohen Tauern sind hier echte Trogprofile

selten. Sie treten meist in Gebieten auf, wo steil stehende Schicht-, Kluft- oder Bewegungsflächen parallel zum Talverlauf streichen. Unter solchen Bedingungen können sich glatte, steile Trogwände entwickeln. Günstig für diese Ausbildung der Trogform ist einheitliches, massiges, festes Gestein, wie Gneis, quarz- und kalkreiche oder Grüne Gesteine, überhaupt Material, das zur Steilhangbildung neigt. Mächtige, rasch und frei fließende Talgletscher mit hohem Sohlengefälle haben konvex vorgewölbte, geglättete oder geschliffene Trogwände geschaffen wie im Zentralgneis oder Grünen Gesteinen des Stubachtales. Gletscherstau hat die Entwicklung der Trogform erschwert. Ungünstig sind weiche, wasserundurchlässige Gesteine und petrographisch reich differenzierte, quer zum Tal streichende Schuppenzonen mit rasch wechselnder Gesteinswiderständigkeit. In solchen Zonen tritt das Trogprofil oft nicht an zusammenhängenden Wänden, sondern nur an aus festem Gestein bestehenden, aus dem Talhang vorspringenden Trogpfeilern auf. Ein Beispiel ist das untere Kapruner Tal. In weichem Phyllit ist die Trogform schon wegen der flachen Böschungen nicht typisch entwickelt. Manchmal tritt sie nur an einer Seite des Tales auf, wo Reste älterer Talböden erhalten sind, welche die Trogschulter bilden wie im Untersulzbachtal. Bei ineinandergeschachtelten Querprofilen in Klammkalk ist zu beobachten, daß das jüngste Profil klamm- bis V-förmig und glazial nicht bearbeitet ist, während die inter- bis präglazialen Talgenerationen mit zunehmendem Alter immer breiter, deutlicher trogförmig und glazial besser bearbeitet sind. Die interglazialen fluviatilen Profile stammen aus dem G—M bis R—W Interglazial. In ihrer heutigen Form gehen sie auf den Wechsel von Glazial und Interglazial, von Eis- und Flußerosion zurück. Sie wurden durch fluviatile Erosion vorgezeichnet und durch die nachfolgende Glazialerosion verbreitert und trogförmig gestaltet. Das zeigt, daß zur Ausbildung typischer Trogformen die Wirksamkeit mehrerer Eiszeiten nötig ist.

#### IV. Die Kare

Die Kare entwickelten sich am besten an nicht zu steilen, aus dem Eis als Nunatak aufragenden Gipfeln, wo die mechanische Verwitterung der Wände über der Schwarz-Weißgrenze unter periglazialen Klimabedingungen vom Pleistozän bis heute andauert, so daß sich eine steile Felsumrahmung entwickeln konnte. Die Vorform der Kare sind meist einstige Quelltrichter oder Talenden, vor allem der pliozänen Hochtal- und der präglazialen Talgeneration. Diese Formen wurden durch die Tätigkeit eines Kargletschers in Karmulden mit einer Randschwelle umgeformt. Die Zone optimaler Kareentwicklung liegt zwischen dem Vorderrand der Flachkare und dem oberen Trogrand in etwa 2000 bis 2400 m Höhe. Durch junge Hebung konnten die Talköpfe rasch aufwärtswandern, bis sie die Gletscherregion erreichten. Dies war bevorzugt in tektonischen Kulminationsgebieten der Fall, die im Jungtertiär sehr stark zerschnitten wurden. Hier brachte die Aufwölbung die Gipfel unter den Einfluß einer lang andauernden pleistozänen bis rezenten Vergletscherung. Die Karumrahmung kann gelegentlich auch Faltenumbiegungen folgen wie beim Walcher Kar im Fuscher Tal. Auch Nivationsnischen können zu kleinen Karen ausgestaltet werden. Eine besondere Form sind die Flachkare, die glazial überarbeitete Mulden der Raxlandschaft mit durch Gletscherwirkung versteilter Rückwand darstellen. In diesen Hohlformen entwickelten sich große Firnfelder. Die Orientierung der Kare ist in größeren Höhen über der Schneegrenze mehr durch das präglaziale fluviatile Relief als durch eine bestimmte Exposition vorgezeichnet.

## V. Glazial gestaltete Vollformen

Neben den Hohlformen schuf die Glazialerosion auch Vollformen. Es handelt sich vor allem um die Rundhöcker, die sich bevorzugt in flach gebankten, saiger geklüfteten, dickplattigen, einheitlichen Gesteinen, z. B. Gneis, entwickeln, wie zwischen Weiß- und Grünsee im Stubachtal. Hier entstand eine typische Rundhöckerlandschaft. Diese Formung ist ein rhythmisches Phänomen, das auf den Bewegungsmechanismus fließenden Eises zurückgeht. Die Achse der Rundhöcker folgt deutlich den Stromlinien des Gletschers. Da diese Buckel nahe dem Talsohlenbereich besser entwickelt sind als auf hochgelegenen verflachten Leisten, muß die Gletschermächtigkeit für ihre Entstehung Bedeutung haben.

Glazial gerundete und geschliffene, schildförmig vorgewölbte Felsbuckel treten auch an Trogwänden und felsigen Stufenabfällen entgegen. Da bei dem relativ kontinentalen Klima unserer Gebirge eine starke mechanische Verwitterung herrscht, konnten sich diese konvexen Formen nicht so gut erhalten wie in Norwegen. Sie wurden später aufgerauht. Am ehesten finden wir sie unter Moränenbedeckung.

## VI. Die glaziale Tiefenerosion

Das Ausmaß der glazialen Tiefenerosion beträgt im Durchschnitt 200 m und kann maximal 450 m, das ist 1/3 der Eismächtigkeit erreichen. Besonders an der Konfluenz mehrerer mächtiger Talgletscher ergibt sich ein bedeutender Effekt der Tiefenerosion. Diese wächst mit der Mächtigkeit, dem Sohlengefälle und der Fließgeschwindigkeit des Talgletschers, wie am Fuß von überhöhten Stufen zu sehen ist. Auch der freie Gletscherabfluß ist ein wichtiger Faktor für die Wirkung der Tiefenerosion. Ein Stauereffekt vermindert das Ausmaß der Erosion. In kurzen, steilwandigen, gerade verlaufenden, tiefen und gefällsreichen Tälern mit anfänglichem V-Profil, ergibt sich bei langer Dauer der Vergletscherung ein besonders großer Effekt der glazialen Tiefenerosion.

## VII. Der hochalpine Formenstil

Die Gesamtheit der glazialen Formungselemente ergibt den hochalpinen Formenstil, dessen Entwicklung durch hartes, steil stehendes oder geklüftetes Gestein gefördert wird. In den Hohen Tauern lagen besonders günstige Bedingungen für die Entfaltung der hochalpinen Formung vor. Dies gilt vor allem für den hohen Gipfelbereich mit seiner Karvergletscherung, durch die steile Gipfelpyramiden entstehen. In den Tälern aber ist die Hochgebirgsformung nicht so extrem entwickelt. Hier sind sowohl die Steilheit der Hänge als auch die Tiefe der Tröge und Karwände für die Ausprägung des hochalpinen Formenstiles von Bedeutung.

## LITERATUR

- Klimpt, H. 1943. — Die Morphogenese der Sonnblickgruppe. Geogr. Jhber. Österr., 21, 22, Wien, pp. 1—130.
- Pippan, T. 1952. — Das Kapruner Tal. Morphologische Untersuchungen unter besonderer Berücksichtigung der Stufenbildung. Mitt. d. Ges. f. Salzbg. Ldeskde., 92, pp. 82 bis 123.

- Pippan, T. 1953. — Neue morphologische Untersuchungen im Kapruner Tal, dem klassischen Beispiel der Becken- und Riegelbildung in den Tauerntälern. Act. du IVe Congr. de l' Assoc. Intern. pour de Quat., Rome—Pise, pp. 3—8.
- Pippan, T. 1967. — Geomorphologische Untersuchungen im Stubachtal in den Hohen Tauern. Mitt. Geogr. Ges. Wien, 99, 2/3, 1957, pp. 204—223.
- Pippan, T. 1957. — Anteil von Glazialerosion und Tektonik an der Beckenbildung am Beispiel des Salzachtales. Ztschr. f. Geom., 1, pp. 71—100.
- Pippan, T. 1964. — Hangstudien im Fuscher Tal in den mittleren Hohen Tauern in Salzburg, unter besonderer Berücksichtigung der tektonischen und petrographischen Einflüsse auf die Hangbildung. Ztschr. f. Geom., Fortschr. d. internat. Hangforsch., Suppl. Bd. 5, pp. 136—166.
- Pippan, T. 1967. — Comparative Glacio-Morphologic Research in Alpine, Hercynian and Caledonian Mountains of Europe. Mélanges de Géographie Physique, Humaine, Economique, Appliquée, offerts a M. Tulippe, Geogr. Phys. et Geogr. Humaine, Gembloux, pp. 87—104.
- Pippan, T. 1967. — Tectonic and Lithologic Control on Trough and Cirque Features in Caledonian, Hercynian and Alpine Mountains of Europe. Arctic and Alpine Environments (H. E. Wright, Jr. and W. H. Osburn, eds.), Indiana Univ. Press, pp. 249—254.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen aus dem Haus der Natur Salzburg](#)

Jahr/Year: 1970

Band/Volume: [FS\\_80](#)

Autor(en)/Author(s): Pippan Therese

Artikel/Article: [Ergebnisse glazial-morphologischer Untersuchungen in den salzburger Zentralaplen. 90-95](#)