Neue Forschungen im Umkreis der Glocknergruppe

# Wissenschaftliche Alpenvereinshefte

Gemeinsam herausgegeben von den Hauptausschüssen
des Deutschen und des Österreichischen Alpenvereins

## Heft 21

# Neue Forschungen im Umkreis der Glocknergruppe

Mit Beiträgen von H. Böhm (Bonn) · J. Büdel (Würzburg) · R. Burger (Wien) · K. Erhardt (München) · R. Finsterwalder (München) W. Frank (Wien) · H. Franz (Wien) · G. Frasl (Salzburg) · H. Friedel (Innsbruck) W. Kolar (Graz) · H. Merxmüller (München) · G. Müller (Salzburg) H. Paschinger (Graz) · G. Patzelt (Innsbruck) · H. Slupetzky (Salzburg) H. Späth (Würzburg) · H. Tollner (Salzburg) · R. Vogeltanz (Salzburg) B. Zollitsch (München)

Schriftleitung:
JULIUS BÜDEL und ULRICH GLASER
(Würzburg)

HERAUSGEGEBEN VOM DEUTSCHEN ALPENVEREIN
MÜNCHEN 1969

Alle Rechte vorbehalten
Druck der Glocknerkarte: Institut für Angewandte Geodäsie, Außenstelle Berlin
Druck der Farbbeilagen: Liepolt & Fally, Wien
Luftbilder mit Genehmigung des Österreichischen BMfLV
Gesamtherstellung: Fränkische Gesellschaftsdruckerei GmbH., Würzburg

Den Mitgliedern des

DEUTSCHEN ALPENVEREINS

aus Anlaß seines 100jährigen Bestehens am 9. Mai 1969

und in dankbarer Verbundenheit dem

ÖSTERREICHISCHEN ALPENVEREIN

und seinen Mitgliedern zugeeignet

# Inhaltsverzeichnis


HERMANN MERXMÜLLER: Zum Geleit . . . . . 8
KARL ERHARDT: Glocknergruppe und Alpenverein . . . . . 9
JULIUS BÜDEL: Der Werdegang der Alpen, Europa und die Wissenschaft. . . . . 13
GUIDO MÜLLER: Die Hohen Tauern als Verkehrsraum einst und jetzt . . . . . 49
WILHELM KOLAR: Kulturgeographische Studien in der zentralen Glocknergruppe . 69
HANNS TOLLNER: Klima, Witterung und Wetter in der Großglocknergruppe . . . 83
WOLFGANG FRANK: Geologie der Glocknergruppe . . . . . 95
GÜNTHER FRASL und WOLFGANG FRANK: Bemerkungen zum zweiteiligen geologischen Panorama von der Edelweißspitze (Großglockner-Hochalpenstraße). . 112
HEINZ SPÄTH: Die Großformen im Glocknergebiet . . . . . 117
HANS BÖHM: Die Waldgrenze der Glocknergruppe . . . . . 143
GERNOT PATZELT: Zur Geschichte der Pasterzenschwankungen . . . . . 171
HANNS TOLLNER: Das Verhalten von Gletschern der Großglocknergruppe in den letzten Jahrzehnten . . . . . 181
HERBERT PASCHINGER: Die Pasterze in den Jahren 1924 bis 1968 . . . . . 201
HEINZ SLUPETZKY: Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessungen am Ödenwinkelkees in den Jahren 1962 bis 1968. . . . . 219
RUDOLF VOGELTANZ: Der Bergkristallschatz vom Ödenwinkel . . . . . 231
HELMUT FRIEDEL: Die Pflanzenwelt im Banne des Großglockners und des Pasterzengletschers . . . . . 233
RUDOLF BURGER und HERBERT FRANZ: Die Bodenbildung in der Pasterzenlandschaft . . . . . 253
BERTRAM ZOLLITSCH: Die Vegetationsentwicklung im Pasterzenvorfeld. . . . . 267
HERBERT FRANZ: Besiedlung der jüngst vom Eise freigegebenen Gletschervorfelder und ihrer Böden durch wirbellose Tiere . . . . . 291

Abkürzungsverzeichnis . . . . . 299

Verwendetes und weiterführendes Schrifttum . . . . . 301


Beilagen: 1. Glocknerkarte 1:25000 (4. verbesserte Auflage)
2. Farbkarte: Vegetationslandschaften im Bereiche des Pasterzengletschers (H. Friedel)
3. Farbiges geologisches Panorama:
Teil 1: Panorama von der Edelweißspitze der Großglockner-Hochalpenstraße (G. Frasl)
Teil 2: Rundblick von der Edelweißspitze nach Westen (W. Frank)
4. Karte 1: Das Vorfeld der Pasterze (G. Patzelt)
5. Karte 2: Vegetationszonen (B. Zollitsch) und Bodenprofile (R. Burger und H. Franz) im Vorfeld der Pasterze

# Zum Geleit

Der Deutsche Alpenverein unterstützt seit langen Jahren durch seinen Ausschuß für Wissenschaft alpine Forschungsarbeiten, wobei der Schwerpunkt auf der Förderung junger Kräfte liegt. Ohne Übertreibung kann festgestellt werden, daß eine große Zahl wichtiger Studien aus allen Wissenschaftsbereichen ohne diese finanzielle und ideelle Hilfe nicht zur Durchführung gelangt wäre (vgl. S. 10). Es liegt in der Art dieser Förderung begründet, daß sie in Einzelleistungen zersplittert erscheint und deshalb kaum im Kreis der Vereinsmitglieder, geschweige denn in der Öffentlichkeit bekannt wird.

Das hundertjährige Jubiläum des Deutschen Alpenvereins im Jahre 1969 erschien als würdiger Anlaß, diese Seite der Alpenvereinstätigkeit offenkundiger zu machen und zwar durch ein gemeinsames, vielseitiges Forschungsprojekt, dessen Ergebnisse in einem Festband zu dieser Feier veröffentlicht werden. In eingehenden Besprechungen zwischen Vereinsleitung und Ausschuß für Wissenschaft kristallisierte sich als günstigstes Arbeitsgebiet der Umkreis des Großglockners heraus, wobei das Studium der Veränderungen in den letzten Jahrzehnten im Vordergrund stehen sollte. Es war dabei allen Beteiligten von vornherein klar, daß dieses Projekt nur mit Hilfe und Unterstützung unserer österreichischen Kollegen Aussicht auf Erfolg hatte; daß uns diese Zusammenarbeit in liberalster Weise und in großzügigem Umfang gewährt wurde, muß daher hier an erster Stelle dankbar vermerkt werden.

Organisation und Redaktion übernahmen auf Ersuchen des Ausschusses der Vorsitzende der Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Prof. Dr. Julius Büdel (Würzburg), und sein Mitarbeiter Dr. Ulrich Glaser. Für die bereitwillige und souveräne Durchführung der damit verbundenen umfangreichen Arbeit ist ihnen der Deutsche Alpenverein zu aufrichtigem Dank verpflichtet. Daß dieser Dank auf jeden einzelnen Mitarbeiter und Autor auszudehnen ist, versteht sich von selbst.

Der Deutsche Alpenverein freut sich, hiermit den Festband als Heft 21 in der Reihe der Wissenschaftlichen Alpenvereinshefte vorlegen zu können. In allen Bereichen der Wissenschaft wird heute von der Notwendigkeit des Teamworks gesprochen. Es war für den Unterzeichneten eine reine Freude, zusehen, wie sich bei diesem Projekt die Mitarbeiter in aller Selbstverständlichkeit zu einem Team zusammenfanden. Bergsteigen erfordert Kameradschaft und Zusammenarbeit; von diesen Eigenschaften ist auch der vorliegende Band geprägt.

*Prof. Dr. H. Merxmüller*
Vorsitzender des Ausschusses
für Wissenschaft im DAV




# Glocknergruppe und Alpenverein

Am Beginn der mit diesem Band vorgelegten neuen kulturellen Leistung des Alpenvereins steht eine kleine künstlerische wie historische Kostbarkeit, die Medaille, die anläßlich der Ersteigung des Glockners geprägt wurde. Das Bergsteigen war um die Wende des 18. zum 19. Jahrhundert noch nicht volkstümlich. Jedoch setzten bergbegeisterte Persönlichkeiten der damaligen „Gesellschaft" – des Adels, des Offizierstandes, der Geistlichkeit – ihren Ehrgeiz darein, die Ersteigung der großen Berge der Ostalpen zu bewirken, insbesondere des Großglockners, als dem damals bereits als höchsten eingemessenen Gipfel. Schon 1791 drang ein Domherr des Bistums Gurk, der spätere Bischof von Linz, Sigismund von Hohenwart, zur Pasterze vor – seinen Namen trägt heute der Hohenwart-Kopf über dem Leiterkees.

Ernst wurde es 1799, als der Fürstbischof von Gurk, Franz Graf von Salm-Reifferscheid, unter Mitwirkung seines Domherrn und mit Hilfe von Einheimischen aus dem Mölltal, insbesondere der Gebrüder Klotz, die Ersteigung des Glockners gründlich vorbereitete. Hierzu wurde zunächst ein Stützpunkt am Rand des Leiterkeeses errichtet, die erste Salmhütte, deren Reste auf der Alpenvereinskarte der Glocknergruppe eingezeichnet sind. Während der Fürst mit Gefolge bei der Salmhütte Nachschub und Rückzug sicherte, erstiegen Domherr Hohenwart und die Gebrüder Klotz am 25. August 1799 den Gipfel des Kleinglockners (3783 m) und errichteten dort das erste Gipfelkreuz.

Aus dieser Situation entstand die oben wiedergegebene Medaille, die – bei 42 mm Durchmesser hier vergrößert – auf der einen Seite den fürstlichen Mäzen zeigt, auf der anderen Seite aber ein reizendes Landschaftsbild. Im Vordergrund sehen wir die vom Fürsten errichtete Hütte vor dem Leiterkees. Dahinter stehen in dem damaligen übertreibenden Stil der Gebirgsdarstellung, wie Zuckerhüte, der gerade erstiegene Kleinglockner, daneben der Großglockner, auch er schon mit dem noch nicht vorhandenen Gipfelkreuz geschmückt.

Ein Jahr später zog eine 62 Mann starke Gruppe erneut zur Salmhütte. Der größte Teil dieser Gruppe kam immerhin bis zum Platz der heutigen Adlersruhe. Die Brüder Klotz und drei weitere Männer aber erreichten den Großglockner (3798 m) am 28. Juli 1800.

Es dauerte zwar noch länger als ein halbes Jahrhundert, bis der bergsteigerische Gedanke in die Bevölkerung nicht nur der Alpenländer Eingang fand, sicher verbunden mit

dem Ausbau der neuen Verkehrsnetze von Bahnen und Straßen. In rascher Folge erstanden nun der britische Alpine Club 1857, der Österreichische Alpenverein ,1862, der Schweizer Alpenclub und der Club Alpino Italiano 1863 und schließlich 1869 der Deutsche Alpenverein. Damit begann eine vielfältige Arbeit der alpinen Vereine:

Abgesehen vom Schrifttum, das in jahrzehntelangem Bemühen den Alpenraum bewältigte,

abgesehen vom Bau der Hütten als Stützpunkte der Bergsteiger,

abgesehen von der Förderung des Bergsteigens als solchem und der Gewinnung der Jugend für diese schöne Freizeitgestaltung,

erwuchs auf dem Boden des Alpenvereins eine weitgestreckte wissenschaftliche Forschung, die, von den Alpen ausgehend, sich schließlich über alle Hochgebirge der Erde erstreckte. So ist gerade die Gletscherkunde eine Forschungsrichtung, die überhaupt erst durch Alpenvereine und -Clubs möglich wurde. Mit den ersten Ergebnissen dieser Wissenschaft beginnt 1888 die Reihe der „Wissenschaftlichen Alpenvereins-Hefte". Als Band 16 erschien 1956 die Arbeit von Helmut Friedel über „Die alpine Vegetation des obersten Mölltales". Mit Band 21 legt der Deutsche Alpenverein nunmehr die „Neuen Forschungen im Umkreis der Glocknergruppe" vor.

Zeitlich parallel zur Erforschung des Alpenraumes ging die Alpenvereinskartographie, nachdem die staatlichen Landesaufnahmen, vornehmlich militärisch orientiert, die Darstellung des Hochgebirges vernachlässigten, die Bergsteiger aber genaue Karten forderten. Im Bemühen, jeweils neueste Aufnahmemethoden anzuwenden, verhalfen in den 20er Jahren dieses Jahrhunderts Sebastian und Richard Finsterwalder der Stereofotogrammetrie zum Durchbruch. Als erste große Leistung dieser Arbeitsweise erschien 1928 die Alpenvereinskarte der Glocknergruppe. Ihr folgte 1935 eine geologische Ausgabe der gleichen Karte von H. P. Cornelius und E. Clar, sowie 1936 die Bearbeitung des gleichen Blattes als Vegetationskarte durch Helmut Gams.

In den seither verflossenen Jahrzehnten gingen die Gletscher, die einen wesentlichen Teil dieses Kartenblattes erfüllen, stark zurück. Dem veränderten Landschaftsbild und den sich verschiebenden bergsteigerischen Möglichkeiten Rechnung zu tragen, gelang mit der dritten Auflage dieser Karte 1965, die die Ergebnisse einer vom Deutschen Alpenverein 1964 veranlaßten Luftbildaufnahme auswertet. Die 1966 begonnenen „Neuen Forschungen" erbrachten durch die sorgfältigen Begehungen aller Mitarbeiter hunderte von einzelnen Korrekturen des Kartenblattes, die es ratsam erscheinen ließen, sie in einer vierten Auflage der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Dieses Kartenblatt als erstes Ergebnis der vom Deutschen Alpenverein neu eingerichteten kartographischen Abteilung liegt diesem Band Nr. 21 der „Wissenschaftlichen Alpenvereinshefte" bei.

1873 schlossen sich der Österreichische und der Deutsche Alpenverein zum Deutschen und Österreichischen Alpenverein zusammen. Damit wurde auch die Glocknergruppe – wie weite Teile der Ostalpen – gemeinsames Arbeitsgebiet des deutschen wie des österreichischen Vereinsteiles. Zum Schwerpunkt dieser Gemeinsamkeit entwickelte sich die Glocknergruppe, als mit dem 20. Juni 1918 die Familien Aicher von Aichenegg und Wirth aus ihrem Gut Großkirchheim, unter Übernahme aller Kosten, dem Deutschen und Österreichischen Alpenverein den Talschluß des Mölltales, also die gesamte Pasterze mit ihrer Umgebung, sowie den Talschluß des Guttales, ins Eigentum übertrugen. Zwanzig Jahre später gelang es dem Verein, nach und nach das gesamte Ödland, also die Gipfelregion, auf der Südseite des Tauernhauptkammes von der Schober- über die Glockner- und Granatspitzgruppe am Venediger vorbei bis zur Rieserfernergruppe, käuflich zu erwerben. Damit wurde ein Areal von 326,65 km² Alpenvereinsbesitz, den heute der Österreichische Alpenverein im Sinne der Bergsteiger wie des Natur- und Landschaftsschutzes verwaltet.

Dieser geschichtlichen Entwicklung konnte auch die mit dem Kriegsende 1945 notwendig gewordene Trennung in den Deutschen und den Österreichischen Alpenverein nichts anhaben. Das Kartenblatt verzeichnet, abgesehen von den alpinen Unterkünften anderer Vereine, 6 Hütten von Sektionen des Deutschen Alpenvereins sowie die Ruine der Mainzer Hütte und 5 Hütten des Österreichischen Alpenvereins sowie eine Biwak-

schachtel, mit den zugehörigen Arbeitsgebieten und Wegenetzen. Sie sind Symbol gemeinsamer Geschichte und gemeinsamen Wollens beider Vereine. Diese Gemeinsamkeit kommt auch zum Ausdruck in der Herkunft der Wissenschaftler, die am vorliegenden Band als erfahrene Gebietskenner wie als junge Wissenschaftler der Nachkriegsgeneration arbeiteten. Unter diesen Gesichtspunkten widmet der Deutsche Alpenverein diesen zu seinem 100jährigen Bestehen erscheinenden Band sowohl seinen Mitgliedern wie in dankbarer Verbundenheit auch dem Österreichischen Alpenverein und dessen Mitgliedern!

*Dr. Karl Erhardt*
Hauptgeschäftsführer
des
Deutschen Alpenvereins

# Der Werdegang der Alpen, Europa und die Wissenschaft

Von Julius Büdel (Würzburg)

A. Vom Zweck dieses Buches . . . . . S. 13
B. Die Alpen und das Bild Europas . . . . . S. 16
C. Der Werdegang des Hochgebirges . . . . . S. 21
D. Die Lage der Glockner-Gruppe . . . . . S. 37
E. Wildheit der Höhen und Vollkultur der Täler . S. 39
F. Die europäische Leistung des Alpenvereins in 100 Jahren . . . . . S. 42

## A. Vom Zweck dieses Buches

Dieser Band, der eine ausgewählte Zahl wissenschaftlicher Berichte über die Glockner-Gruppe auf dem jüngsten Forschungsstand enthält, soll mehreren Zwecken dienen. Er ist eine Festschrift des Deutschen Alpenvereins zu seinem 100. Jahrestag am 9. Mai 1969. Als solche ist er eine Gabe an seine Mitglieder, aber in gleicher Weise an die des Österreichischen Alpenvereins. Beide Vereine: die etwas ältere österreichische (gegründet 1862) und die jüngere deutsche Schwester haben in diesem Jahrhundert in inniger Verbindung auf demselben Feld der Ostalpen (und in vielen anderen Hochgebirgen der Erde) zusammengewirkt. Österreich, der Fläche nach geradezu der Ostalpenstaat, war dabei der Gastgeber. Um seinen (neben der Wildspitze) höchsten Gipfel: den Großglockner (3797 m) legt sich der von beiden Vereinen gemeinsam verwaltete Naturschutzpark. So haben an diesen wirtschaftlich vom Deutschen Alpenverein getragenen Band über die Glockner-Gruppe auch deutsche und österreichische Forscher gleicherweise mitgewirkt.

Die Glockner-Gruppe ist dem Verkehr voll geöffnet. Über das Hochtor (mit 2573 m, nach dem Stilfser Joch – 2757 m – der zweithöchste Straßenpaß der Ostalpen) quert hier ein großer Nord-Süd-Übergang den langgestreckten Kamm der Hohen Tauern gerade in seiner Mitte. Diese Paßstraße führt mit einer langen, freien Sicht hoch über der Waldgrenze dahin und mit einem Abstecher hinab bis in die Nähe der Pasterze, das heißt des größten und in seiner Gestalt vollkommensten Gletschers der Ostalpen. Auch nach dem starken Rückgang der Pasterze in den letzten zwei Menschenaltern erreicht sie immer noch fast 10 km Länge und im gestreckten Mittelteil ihrer Zunge 1,5 km Breite. Dahinter baut sich, im Glockner selbst gipfelnd, eine Flucht eisgepanzerter Bergriesen auf. Die Großartigkeit dieser Schau hält durchaus den Vergleich mit den bedeutendsten Blickpunkten der Westalpen aus. So ist Österreichs höchster Berg auch sein schönster. Ein dichtes Wegenetz führt von Hütte zu Hütte durch Bannwälder, über Matten, Firne und Grate. Die diesem Band beigegebene, in jeder Hinsicht auf den neuesten Stand gebrachte Alpenvereinskarte macht den Bereich auch topographisch zu einer der besterschlossenen Hochgebirgsgruppen der Erde. Und die Technik, die den großen Wasserspeicher dieser Gletscherwelt nutzt, fügt sich ihrer Natur ein und belebt sie noch mit ihren Stauseen. Keine Bergbahn führt durch diese Einöde; man muß ihre Grate noch selbst erklimmen. So hat sich in und um den genannten Naturpark in der Himmelsnähe dieser Zinnen das Urbild der Alpen in seltener Pracht und Vollständigkeit bewahrt.

Beide Züge: die gute Erschließung durch Karten, Hütten und Wege auf der einen Seite, die allsommerlich hohe Besucherzahlen – einschließlich der nur flüchtigen Autoreisenden –

hierherführt, und auf der anderen Seite der Umstand, dieser Bergwelt dennoch fast ihre vollkommene Ursprünglichkeit bewahrt zu haben, sind Verdienste beider Alpenvereine. Beides zusammen hat den Entschluß bestimmt, gerade die Glockner-Gruppe zum Gegenstand dieses Jahrbuchbandes zu machen. Denn einmal werden hier besonders viele Mitglieder beider Alpenvereine angesprochen, die aus dem Erlebnis heraus nach dem „warum" fragen werden: die alte Frage, wie die Schöpfung die Vollkommenheit dieser Welt für uns – und uns in ihr – werden ließ. Es ist die Kardinalfrage an die Wissenschaft, die hierüber Auskunft geben soll. So ist dieser Band eine Art Wunschgeschenk des Alpenvereins an die Wissenschaft, der er die Gelegenheit gibt, zu zeigen, was sie auf ihrem heutigen Stand zu diesem und jenem, was dem Bergfreund an Fragen aufzutauchen vermag, zu sagen hat. Denn viele Erkenntnisse haben sich im Bereich der hier angesprochenen Erdwissenschaften gerade in jüngster Zeit gewandelt und mächtig erweitert. Unser Wissen hat sich auch auf den Gebieten der mit den Hochgebirgen sich beschäftigenden Wissenschaften spezialisiert. Kaum ist es dem Forscher noch möglich, mit dem Fortschritt auf Nachbargebieten Schritt zu halten. Hier ist er dann fast selbst Laie, aber zugleich ein Laie, der es zum Vortreiben der eigenen Teilwissenschaft dringend nötig hat, über die Grenzen zu spähen. Denn ein altes Wort sagt mit Recht: „Wer nichts kann als seine Chemie (oder Biologie oder Boden- oder Gletscherkunde usw.), der kann auch die nicht richtig."

Zu vier Wegen klaffen die Erdwissenschaften heute auseinander. Der erste, einleuchtendste ist der aktuelle, der das mißt und aufnimmt, was im Unbelebten laufend geschieht: das Maß des Regens oder ein plötzlich einsetzender Schneesturm, das wogende Nebelmeer, der strahlende Föhntag, die Bewegungen, die Schwankungen und der laufende Haushalt der Gletscher und ihrer Wasserspende an die Flüsse des Tieflands. Hierher gehören die drei Beiträge von H. TOLLNER, sowie diejenigen von G. PATZELT, H. PASCHINGER und H. SLUPETZKY in diesem Band. Das sind – zusammen mit der kartographischen Vermessung die geophysikalisch-mathematischen Zweige der Erdforschung.

Die zweite Gruppe sucht die Antwort auf die großen genetischen Fragen. Welche Gesteine bauen diese Bergwelt auf, in welche Eingeweide unserer Erdkruste öffnen die hochragenden Grate und tiefen Schlünde uns den Blick. Alle diese Vorgänge der Faltung und mineralischen Umprägung der Gesteine liegen aber weit zurück, wie es in diesem Band vor allem der Beitrag von W. FRANK mit den schönen Farbpanoramen am Schluß zeigt. Hier haben die Wissenschaften vom Werdegang der Kruste bis in große Tiefen: Geologie, Mineralogie und Paläontologie ihr Reich. Darüber aber legt sich – real wie übertragen gesprochen – die Frage nach der Geschichte des Reliefs selbst. Warum sind Zinnen und Kare so gestaltet, was erzeugte die trotz ihrer Höhenlage flachen Böden (auch Gletscherböden), was ließ die Hänge und Täler der tiefer gelegenen Teile mit ihren sonderbaren Stufen und Kanten gerade so und nicht anders entstehen? Wohl ist das Relief dem ältesten Gesteinskern aufgeprägt, aber es hat seinerseits eine zwar ganz andere und jüngere, aber gleichfalls Jahrmillionen zurückreichende Geschichte. Der Beitrag von H. SPÄTH bezeugt dies für die Glocknergruppe, der von J. BÜDEL (hier unter C folgend) versucht dies für den geomorphologischen Gesamt-Werdegang der Alpen.) Dieser erst hat den Blick in den inneren Gesteinsbau bloßgelegt. Zugleich aber arbeiten die gegenwärtigen Vorgänge an der ständigen weiteren Ausgestaltung der Geländeformen: Schnee und Gletscher in der höchsten Stufe, weitere – dem Bergsteiger nur zu bekannte – Vorgänge in der nackten Steinschlagwand oder Lawinenbahn, wieder andere auf der Schutthalde und der Mure, auf den Almböden und im Wald, im Bereich der Wasserfälle von Klammen und Schluchten wie auch im Bereich der tieferen Schwemmfächer und Talsohlen. Dies alles gehört zum Forschungsbereich der Geländeformenkunde oder Geomorphologie, der sich somit in eine genetische und in eine aktuelle Richtung teilt. Die letztere berührt sich eng mit den Fragen der Bodenentwicklung, welchen der Beitrag von R. BURGER und H. FRANZ in diesem Band gilt.

Denn eben die letztgenannte Höhenabstufung der Klimazonen ist es, die im Hochgebirge auch die dritte Gruppe: die bodenkundlich-biologischen Forschungszweige

besonders reizt. Sie sind in diesem Band durch die Beiträge von H. BÖHM, H. FRANZ, R. BURGER und H. FRANZ, H. FRIEDEL und B. ZOLLITSCH vertreten. Diese Fächer bilden zugleich eine Art Zwischenglied zwischen den physikalisch-aktuellen und den genetischen Erdwissenschaften. Denn der Boden und die darauf fußende Pflanzen- und Tierwelt sind an Gestein, Hangsteilheit, Wasserzudrang und den Unterschied von Sonn- und Schattseiten ebenso angepaßt wie vor allem an die erwähnte klimatische Höhenstufung, die wir hier von unten nach oben als Mischwaldzone, Nadelwaldgürtel, Krummholzregion (und obere Kampfgrenze des Waldes), Baumgrenze, Mattenregion, Felsschuttzone und endlich Schneegrenze und Gletscherregion übereinander angeordnet finden.

Wie sich aber an alle diese Gegebenheiten der Mensch zu verschiedenen Zeiten, mit verschiedenen Wünschen und ganz unterschiedlichen Mitteln angepaßt hat, das erhellt abseits der naturwissenschaftlichen aus der wieder ganz anderen vierten: der kulturgeschichtlichen und wirtschaftsgeographischen Betrachtung unseres Raumes. Für die Glocknergruppe bringt in diesem Band W. KOLAR einen Beitrag hierzu. Die Abschnitte B, E und F dieses Aufsatzes berühren einige Übersichtsfragen zu dieser Schau des Gebirges.

„Des Gebirges" – mit voller Absicht sagen wir hier nicht „der Glockner-Gruppe", sondern denken an die Alpen als Ganzes; und hier vornehmlich an ihre besondere Rolle unter anderen Hochgebirgen der Erde. Die Alpen erfahren hier ihre einmalige Stellung dadurch, daß sie mitten im Kern des dicht besiedelten Europa zu ihrer die normale Menschenwelt so sehr übersteigenden Höhe aufragen. So hat der das Gebirge durchziehende Jäger oder Fuhrmann und später der gebildete Wanderer hier zuerst seine Fragen an die Hochgebirgsnatur und damit unbewußt an die Forschung in ihren oben vierfach gegliederten Teilbereichen gestellt. Wir deuteten schon an, welche Fragen hier sich jedem Betrachter weit mehr als anderswo aufdrängen. So sind die Alpen eine entscheidende Schule für die Entwicklung aller dieser Arten von Erdwissenschaften geworden.

Von der Vielfalt der Forschungsergebnisse, die von hier ihren Ausgang nahmen, enthält dieser Band nur einen Ausschnitt, aber wie wir hoffen, einen nach Möglichkeit kennzeichnenden, für viele andere stehenden und repräsentativen. Er beschränkt sich wohl im wesentlichen auf die Glockner-Gruppe. Aber es sollten dabei nicht nur in dieser Gruppe gewonnene und ihr lokales Bild erläuternde Spezialergebnisse geboten werden. Vielmehr soll die Glockner-Gruppe in diesen Beiträgen ebenso oft als besonders eindrucksvolles Beispiel – und das ist sie in der Tat in vieler Beziehung – dafür hervortreten, was allgemein von den östlichen Zentralalpen, dem großen Ostalpenbereich, ja den Alpen als Ganzes und nicht zuletzt auch für viele andere Hochgebirge der Erde (mindestens der mittleren Breiten) gilt.

Der Gegenstand und seine wissenschaftliche Betrachtung legten dem einen Beitrag solch eine Ausweitung nahe, er erfordert bei einem anderen die strenge Beschränkung auf die örtlichen Verhältnisse der Glockner-Gruppe oder gar einzelne Erscheinungen in ihr. Wer als Leser allgemeine Aufklärung wünscht, wird das erste, wer gerade seine Lokalkenntnisse der Glockner-Gruppe vertiefen, oft Gesehenes, ja Vertrautes näher erläutert wissen will, das zweite begrüßen. Wir hoffen, daß so jeder das seine findet. Daß in keinem Fall Vollständigkeit (auch nur für die Glockner-Gruppe) erstrebt werden konnte, liegt auf der Hand. Es sollte kein lexikalisches Kompendium, sondern für Bergsteiger und Alpenfreunde wie für die Forscher der verschiedenen Disziplinen unter sich neue Anregungen geboten werden. Dabei liegt der Ton auf dem Wörtchen „neue". So fehlt, was man allenthalben anderswo leicht an wissenschaftlicher Aufklärung finden kann. Aber es fehlt auch, wo für neu erschlossene Forschungszweige eben kein gerade in der Glockner-Gruppe fest bewanderter Fachvertreter zu finden war oder wo ein solcher – durch Krankheit verhindert – die übernommene Arbeit nicht termingerecht vollenden konnte. Denn der Termin – die Hundertjahrfeier des Deutschen Alpenvereins – lag ja fest und ließ sich nicht verschieben. Eine zweijährige, speziell für diesen Band ausgerichtete Arbeit – im Gelände und am Schreibtisch – ging jedem einzelnen Beitrag mindestens voraus, ja oft noch viel länger (zum Teil jahrzehntelang) zurückreichende Studien. Über die Reihenfolge der Beiträge siehe unter Seite 45.

Mit dieser Mühe wurde der hier gesammelte Strauß bunt und lebendig genug. Und dieser erste Beitrag soll nur ein wenig dazu helfen, die darauffolgende Vielfalt ein wenig in einem großen Zusammenhang zu sehen und einzuordnen.

## B. Die Alpen und das Bild Europas

Jeder Alpenteil, so auch die Hohen Tauern und ihr Kern: die Glockner-Gruppe nimmt an der Stellung teil, welche die Alpen vor allen anderen Hochgebirgen der Erde auszeichnet. Mit fast 5 km Gipfelhöhe im Westen (Montblanc 4810 m), mit einer 4 km eben erreichenden im Ostteil (Piz Bernina 4049 m) ist es in Europa sogar weitaus das höchste, denn der Kaukasus muß zu Asien gerechnet werden. Jede Weltkarte tut dar, daß alle anderen Hochgebirge entweder die Ränder der Kontinente säumen oder – wie das große zentralasiatische Hochgebirgsdreieck (zwischen Hindukusch, Himalaya und Amur-Bogen) – sich im dürren Inneren der Kontinente sammeln, dem die umliegenden, dicht bevölkerten Kulturländer: Indien, China, das alte Iran und Turkestan wie das neu entwickelte Sibirien den Rücken kehren. Alle diese Kulturländer haben stets wenig Interesse dafür gezeigt, was „hinter den Bergen" liegt. Auch die Pyrenäen, die Karpaten, die zentralen Hochgebirge des Balkan und das an den Kontinentrand vorgeschobene skandinavische Hochgebirge nehmen abgeschwächt solche Lagen neben und im Rücken der umliegenden kulturellen Kernländer ein.

Wie anders steht es damit in mehr als einer Beziehung um die Alpen! Die erste: sie liegen inmitten der größten Bevölkerungsballung Europas, insbesondere die von ihrem Bogen umschlossene Po-Ebene von Turin bis Triest, aber ebenso die Rhône-Senke von Marseille bis zum Genfer See im Westen, die ganzen dicht bevölkerten Um- und Uferländer des von den Alpen ausgehenden Rheins, dann die lange Folge der nördlichen Alpenvor- und Umländer: das Schweizer, schwäbische, bayerische und österreichische Alpenvorland bis zum Wiener Becken, endlich vor den aufgesplitterten Ostausläufern der Alpen das steierische Hügelland und West-Ungarn zusammen mit Slowenien und dem westlichen Kroatien bilden insgesamt den besonders volkreichen Kern des Erdteils. Er ist im S und N seit langem, im W und O aber in neuerer Zeit ebenfalls zunehmend industrialisiert worden. Man könnte hinzufügen, daß die Länder im weiteren Umkreis der Alpen zugleich diejenigen waren, welche die europäische und damit die Weltkultur mit am entscheidendsten prägten: Italien zur Zeit des Imperium Romanum und in der Renaissance, Frankreich im 17. und 18. Jahrhundert, Deutschland im Mittelalter und seinen späteren Glanzperioden, die Schweiz und Österreich in ihrer alpinen Sonderstellung und endlich von Karl V. bis zum Beginn dieses Jahrhunderts die Habsburger Monarchie.

Aber die Alpen liegen nicht zufällig inmitten dieses Erdteils, der bis vor einem Menschenalter in vieler, aber mindestens kultureller Beziehung als der Schwerpunkt der Welt gelten konnte, ja das zum Teil heute noch ist. Die Alpen haben vielmehr selbst einiges zur Struktur dieses Schwerpunktraumes beigetragen. Der fast 900 km lange Alpenwall schließt das vornehmlich germanisch besiedelte westliche Mitteleuropa nach Süden ab. Westlich davon, in Frankreich und östlich davon, im slawisch-magyarischen Ost-Mittel-Europa fehlt eine Schranke von solcher Stärke; der Übergang zu Südeuropa erfolgt allmählicher. Aber dazwischen: in dem großen Rechteck zwischen Rhein-Mündung und Weichsel-Mündung im N, Genfer See und Wiener Becken im S steigt das Land von der Nord- und Ostseeküste (rund 54° N) bis zu den Höhen des Alpenwalles (rund 47° N) stufenweise empor. Der Vierklang: Tiefebene, Mittelgebirge, hohe Ebene, Hochgebirge beherrscht diesen ganzen annähernd quadratischen Raum, in dem Deutschland mit seinen germanischen Nachbarn und Böhmen-Mähren historisch erwuchs. Diese stufenweise nach S zunehmende Höhe, die bis zum Alpennordrand auf 600–900 m ansteigt, gleicht ziemlich genau die Erwärmung aus, die sonst die um sieben Breitengrade südlichere Lage mit sich bringen müßte – und für das mittlere Frankreich und Ungarn auch mit sich bringt. Hier wie dort herrscht allgemein-flächenhaft das Mais-

und Weinklima, das im hochgelegenen Oberdeutschland nur einzelne eingeschaltete tiefliegende Senken wie der Oberrheingraben und das Wiener Becken genießen. Von solchen Ausnahmsgebieten abgeschen, ist Oberdeutschland ein gegenüber Mittelfrankreich und Ungarn rauheres Hochland mit heute noch ausgedehnten Wäldern, insbesondere von dunklem Nadelholz. Vom Südsaum dieses Hochlandes erfolgt aber nun alles andere als ein rascher Abfall zu den milden Gestaden des Mittelmeers. Vielmehr steigt hier als südlicher Abschluß des erwähnten Quadrats der Wall der Alpen in 150–250 km Breite zu den vorgenannten Höhen empor. Ungefähr gilt: wir müssen in horizontaler Richtung zum Pol hin über 1000 km weit wandern, um ein ebenso viel kühleres Klima zu erleben, wie es uns ein vertikaler Anstieg im Gebirge um knapp 1000 m Höhe schon gewährt. Mit ihrer viel größeren Höhe reichen sämtliche inneren Alpengruppen weit über die Waldgrenze hinauf bis in den Gletscherbereich, den wir horizontal im Tiefland uns bewegend erst in der Nähe der Pole, fast 4000 km weiter nordwärts erreichen können. So schwingt sich das Relief Mitteleuropas an seinem Südsaum noch einmal zu äußersten polaren Höhen auf, bevor es zum sommerheißen und wintermilden Subtropenbereich der Mittelmeerländer absinkt. Dieser Aufbau des Raumes, in dem sich unser geschichtliches Werden vollzog, hat dies wesentlich mit beeinflußt. Die Kelten hatten in den letzten Jahrhunderten vor Christus das Umland der Alpen fast allseits umschlossen. Cäsar warf sie 58–50 v. Chr. nur in Gallien westlich der Alpen weit nach Norden bis zur Rheinmündung zurück. Der Rhein blieb die Ostgrenze des Römerreiches. Wohl besetzte das Römerreich noch den Alpenwall als den Nordsaum ihres italienischen Kernlandes, ja auch noch das vorgelagerte nördliche „Glacis" dieser Festung bis zur Donau. Aber der durch den Limes abgegrenzte Winkel zwischen Rhein und Donau blieb nur 100 Jahre lang (von 160–260 n. Chr.) in ihrer Hand. Von 260 an reichte das freie Germanien wieder bis zum Rhein und zur Donau, und auch südlich der Donau und vor allem westlich des Rheins herrschte damals schon eine dichtere germanische Besiedlung. In den folgenden 300 Jahren drangen die Franken in geschlossener Siedlung bis weit nach Belgien und Lothringen, die Schwaben-Alemannen genau bis zur Grenze Vogesen, Schweizer Jura und Westalpen und zuletzt die Bayern östlich davon zwischen Lech und Enns südwärts bis zum Kamm der Ostalpen vor. In den folgenden Jahrhunderten (zumeist schon 550–800 n. Chr.) überschritten sie diesen bis zur Salurner Klause und drangen außerdem – was sehr wichtig war – ostwärts weit bis ins östliche Vorfeld der Alpen vor, so daß das Steierische Hügelland, das heutige Burgenland, das Wiener Becken und das niederösterreichische Weinviertel trotz vieler Rückschläge bis heute vom gleichen Volkskörper gehalten wurde.

In dem Geviert des westlichen Mitteleuropa bis zum Alpenwall hat sich das germanische Volkstum der heutigen Niederländer, Deutschen, Österreicher und Schweizer in dem halben Jahrtausend von 260–800 n. Chr. (d. h. vom Durchbruch des Limes bis zu Karl dem Großen) voll gefestigt und diesen Bereich mit den Altstämmen der Friesen und Niedersachsen, der Franken und Thüringer, der Schwaben-Alemannen und Baiern-Österreicher geschlossen besiedelt. In den folgenden vier Jahrhunderten wurde einmal die Gebirgsbesiedlung vollendet, kamen aber vor allem die östlichen Neustämme der Mecklenburger, Pommern und Preußen, der Brandenburger, Obersachsen, Schlesier und Sudetendeutschen hinzu. In diesem Geviert fanden diese sämtlich aus dem Norden: dem Raum rings um die dänische Inselwelt und von den deutschen Nord- und Ostseeländern herkommenden Stämme dank des Reliefanstiegs nach Süden ein ihnen gewohntes Klima, dieselben Bodenbedingungen für die gewohnten Arten des Landbaus, keine allzu dichte Vorbevölkerung und dank des mangelnden Vorstoßes der Römer nur am äußersten West- und Südsaum dieses Geviertes eine von ihrer ländlich-sippenmäßig abweichende städtische Zivilisation vor, die aber in diesen mehr militärisch besetzten als siedlungsmäßig durchdrungenen Randbezirken des Römerreichs durch die Stürme der Völkerwanderung schon sehr zerrüttet war. Insbesondere waren die Städte als Hauptstützen des Römertums ihrer Zentralfunktionen so stark beraubt, daß daraus kein Anlaß zur sprachlichen und kulturellen Anpassung der Germanen an das zerfallende Römererbe entstehen konnte. Mit besonderer Gründlichkeit scheinen

dabei die Schwaben-Alemannen diesen Hiatus besorgt zu haben. So konnten in diesem ihnen klimatisch zusagenden und noch von keiner übermächtigen Fremdkultur geprägten Geviert die deutschen Stämme von 550 an sich organisch weiterentwickeln und die festen Sprach- und Volkstumsgrenzen herausbilden, die im großen – vom verlorenen Nordosten abgesehen – nach über einem Jahrtausend noch heute gelten. Aber daß dies geschlossene germanische Mitteleuropa im Kern des Erdteils noch heute so weit nach Süden reicht, ist aus mehr als einem Grunde der Existenz der Alpen zu danken! Man bedenke: Ähnliches ist den germanischen Wanderstämmen fast nur im – damals abgelegenen – England oder Island gelungen. Die anderen, die über das genannte Gebiet hinaus nach Gallien-Frankreich, nach Südeuropa und Nordafrika zogen, trafen dort nicht nur auf ein sehr ungewohntes sommerwarmes, ja sommerheißes Klima, sondern vor allem auf ein schon dicht besiedeltes Land mit voll entwickelter und weitgehend noch intakter Stadtkultur. Diese war dort mit der ländlichen durch das System des orientalisch-spätrömischen „Rentenkapitalismus" insofern eng gekoppelt, als es dort fast keine Bauern, sondern nur noch Landpächter gab, die dem in der Stadt wohnenden, regierenden und schwelgenden Latifundienbesitzer zinsten. Alle diese West- und Ostgoten, Burgunder und Sueben, Vandalen und Langobarden, die dorthin zogen, widmeten sich daher im wesentlichen nicht mehr selbst der Landwirtschaft – wo es kein freies Bauerntum gab, wäre das ein sozialer Abstieg gewesen –, sondern rückten nur in die Stellungen der herrschenden land-besitzenden (aber nicht: -bebauenden!) Schicht der Stadtpatrizier ein, von der aus das ganze Land so leicht und so gewinnbringend in die Hand zu bekommen war. Sie stiegen nur in die in der Stadt zentralisierte Römerherrschaft, nicht in die flächenmäßige Besiedlung des Landes und nicht einmal in die Masse der städtischen Handwerker und Kaufleute sowie des städtischen Proletariats ein. Eine solche reine Herrenkaste wird aber rasch von unten aufgesogen – was die äußeren Angriffe der Byzantiner, Araber und des erstarkenden Frankenreiches noch beschleunigten, das zuletzt auch den kräftigsten dieser Völkerwanderungsstaaten im Süden: das Langobardenreich besiegte. Von dem erhielt sich noch am meisten: nicht nur der Name der „Lombardei" um Mailand; auch ein Teil des heutigen italienischen Adels – immer noch durch Landbesitz einflußreich – entstammt lombardischen bzw. den später mit den Staufern bis tief in den Süden Italiens gelangten Adelsfamilien.

So trennen die Schweizer und die Tiroler Alpen – auch im Meridianfeld des Glockner-Gebietes – heute noch Deutschland und Welschland. Aber von Osten her berühren Südslawen und Magyaren ebenfalls noch die äußersten Ausläufer der in dieser Richtung sich verbreiternden und nach NO und SO aufsplitternden Alpenzüge. So stoßen an einem markanten Südostpunkt der Alpen (unter nur 56,5° N) bei Tarvis die drei größten Sprachstämme Europas: der germanische, der romanische und der slawische zusammen und fast an derselben Stelle die heutigen Staatsgebiete von Österreich, Italien und Jugoslawien. Der nächste Punkt des vierten europäischen Sprachstammes: des magyarisch-finnischen liegt mit der äußersten SW-Spitze des ungarischen Staatsgebietes bei St. Gotthard nur 200 km östlich dieses Punktes. Die Westalpen trennen östlich der Montblanc-Gruppe die Schweiz, südlich dieses Massivs Frankreich von Italien.

So betrachtet sind die Alpen ein großer Trennungswall der großen Völkergruppen im Kern Europas. Aber das wichtigste ist dabei, daß keine dieser Gruppen, keiner dieser Staaten den Alpen den Rücken zukehrt. Vielmehr suchen alle durch den Alpenwall Verbindung zueinander. Beginnen wir mit dem militärischen Interesse, so strebten die Anrainer der Alpen sehr oft danach, nicht nur das ganze Gebirge, sondern ein Glacis: ein Vorfeld jenseits davon in ihre Gewalt zu bringen. Vom Römerreich, das sich durch den Besitz des nördlichen Alpenvorlands bis zur Donau gegen das Einbrechen der Germanen abzusichern suchte, war schon die Rede – daneben trieb man einen eifrigen Handel mit ihnen und rekrutierte von dorther viele Legionen. Das mittelalterliche fränkisch-deutsche Reich legte auf den Besitz der Alpenpässe und die Herrschaft in Italien den größten Wert. Und wenn diese 1268 – vor genau 700 Jahren mit

dem Tode Konradins – als Ganzes zusammenbrach, so haben später noch spanische und deutsche Habsburger in vielen italienischen Teilstaaten geherrscht (Maria Theresia, die überallhin ihre Töchter verheiratete, sprach von „ihren lieben italienischen Kolonien"), unter denen Toskana die ruhmvollste Entwicklung zeigte und damit als Kernland des neuen Italien gelten kann. Auch das nach dem Wiener Kongreß neu abgerundete Österreich-Ungarn sicherte sich in der Lombardei (bis 1859) und in Venezien (bis 1866) ja in Triest und Welschtirol bis 1920 wichtige italienische Vorfelder. Ebenso griff Frankreich oft nach Italien über, am weitesten kurz nach der Stauferherrschaft, am nachhaltigsten nach Piemont (seit 1631) und bis heute nach Nizza und Korsika. Ebenso hält die Schweiz ihre Tessiner Südbastion bis an den Rand der Lombardischen Ebene: das Mendrisiotto westlich Como bis heute. Auch Jugoslawien berührt heute über die Julischen Alpen und den Karst hinweg bei Görz die Ebene von Friaul. Nur im deutschen Südtirol gelang Italien 1918 wie 1945 der Vorstoß bis zum Alpenhauptkamm[1].

Aber die genannten politischen Ambitionen und die Kriege, die oft bis zur Erschöpfung darum geführt wurden, waren nur Ausläufer, „Fortsetzung der Politik mit anderen Mitteln" von Bestrebungen im Grunde friedlicher handels- und nicht zuletzt geldpolitischer Art. Und hier ging über die Alpen hinweg vom Erstarken des Fränkisch-Deutschen Reiches und seiner rasch zunehmenden Wirtschaftsblüte seit 800 (seit Karl dem Großen) bis zur Entdeckung Amerikas, ja bis zum Anbruch des Dreißigjährigen Krieges (1618–1648) über die Alpenpässe nichts Geringeres als die Hauptstraße des Welthandels. Es ist der Handel zwischen Tropen und Außertropen. Aus den Tropen bezog man seit alters Weihrauch, ferner Pfeffer, Ingwer, Muskatnuß, Safran und andere Gewürze aller Art, dazu Elfenbein und Seide, Korallen und Perlen, schließlich Zucker und andere Genußmittel und – nicht zuletzt – Sklavinnen und Sklaven. All das kam auf arabischen Schiffen aus Indien, Iran, Südarabien und Ostafrika zur vorderasiatischen Landbrücke, sammelte sich in den damals wirklich märchenhaft reichen Araber-Residenzen Bagdad und Damaskus und wurde von den Häfen am Mittelmeer wie Jaffa (Tel Aviv), Akkon (Haifa) und Beirut nach südeuropäischen Häfen wie Genua, vor allem aber nach Venedig verfrachtet, das längs der dalmatinischen und griechischen Küsten eine ganze Reihe von Stützpunkten auf diesem Seeweg errichtete. Je mehr Mitteleuropa, vor allem Süddeutschland, die Rhein- und Niederlande sich entfalteten,

[1] Die südlichen Talengen der Alpen waren dabei länger und öfter – und besser begründete – „natürliche" Grenzen der nord- und inneralpinen Staaten als die „Hauptwasserscheiden". So greift noch heute die Schweizer Südgrenze und ebenso die alte Tiroler Südgrenze vielfach bis zu diesen südlichen Talengen am Simplon, im Tessin, im Bergell, im Puschlav und schließlich an der Veroneser Klause aus. Dort erst endet die nordische und beginnt die südliche Natur des Landes, wie es das schöne Gedicht von C. F. Meyer „Die Schlacht der Bäume" schildert:

Hier am Sarazenenturme,
Der die Straße hielt geschlossen,
Ist in manchem wilden Sturme
Deutsch und welsches Blut geflossen.

Nun sich in des Tales Räumen
Länger nicht die Völker morden,
Ringen noch mit ihren Bäumen
Hier der Süden und der Norden.

Arvbaum ist der deutschen Bande
Bannerherr, der düsterkühne;
Üppig Volk der Sonnenlande,
Rebe führt's, die sonniggrüne.

Ohne Schild- und Schwertgeklirre
Ohne der Drommete Schmettern
Kämpfen in der Felsenirre
Hier die Nadeln mit den Blättern.

Der „Sarazenenturm" ist dabei eine Anspielung auf die Herrschaft der Gefolgsleute Kaiser Friedrich II. in Norditalien, die sich, wie besonders der mächtigste unter ihnen: Ezzelino da Romano, dem Vorbild des Kaisers folgend, sarazenische Leibwachen hielten.

desto umfang- und ertragsreicher wurde der von Venedig zeitweise fast monopolisierte Handel mit Tropenprodukten. Aber die Wege dieses Handels gingen von Venedig (und Genua) aus, nicht breit gestreut nach Norden, sondern fest gebündelt über die wenigen damals zu bewältigenden Alpenpässe. Das waren in der Schweiz vor allem Simplon und Gotthard (letzterer mit Grimsel-Furka und Oberalppaß), ferner die Bündener Kaiserpässe Splügen und Septimer sowie die Doppelpässe Julier-Maloja und Albula-Bernina. Einen ähnlichen Doppelpaß bildeten auf Tiroler Boden Stilfser Joch und Reschen-Scheideck. Die größte Rolle spielte aber der niedrigste und fast in der Mitte der Alpen gelegene Tiroler Hauptpaß: der nur 1372 m hohe Brenner. Welche Bedeutung auch die östlicheren Alpenpässe hatten, geht daraus hervor, daß der 220 km lange Zentralalpenkamm der Hohen und Niederen Tauern seinen Namen nicht von den Bergen, sondern eben von den „Tauern": den Paßübergängen vom Felber Tauern im W bis zum Rottenmanner Tauern im O hat. Dieser ist der letzte höhere Alpenpaß, der im N und S, aber vor allem weiter östlich von vielen bereits unter 1000 m liegenden Pässen begleitet wird, vor allem dem seit alters begangenen Semmering.

Über diese Pässe, vor allem den Gotthard, Splügen, Reschen-Scheideck und Brenner, Rottenmanner Tauern und Semmering, wanderten die Tropenwaren nach Norden und trugen zur Handelsblüte der Fürstenstädte wie Wien, Salzburg und Innsbruck sowie der fränkischen und schwäbischen Reichsstädte Augsburg, Ulm, Reutlingen und anderer bei. Dagegen flossen Tuche und Metallwaren, vor allem aber geprägtes Edelmetall aus den deutschen Mittelgebirgen und den Alpen nach Venedig und weiter nach dem Orient, den damaligen Märchenreichtum von Damaskus und Bagdad mitbegründend. Neben den Warenzügen zogen die Ritterheere auf den Romfahrten der deutschen Kaiser nach Süden. Dort suchte man nicht nur das politische Ziel der Kaiserkrönung und den Reiz des südlichen Sonnenlandes. Von dort kam der Reichtum dieser Handelsgüter und die Welle der städtischen Geldwirtschaft, die ab 1100 die Naturalwirtschaft auch in Mitteleuropa immer mehr ablöste. Die Staufer zogen nicht um des „ewigen Frühlings" willen nach Sizilien und Apulien (wie glühend dürr und trostlos ist Süditalien im Sommer!), sondern einmal wegen der leicht faßbaren Getreideüberschüsse dieser Gebiete und vor allem, weil sie dort als Erben der reichen Normannenfürsten der Quelle des aus dem Orient herbeiströmenden Warenreichtums näherkamen. Die Kreuzzüge, besonders der erfolgreichste Kaiser Friedrichs II. (1228/29) hatten so neben dem religiösen auch den handelspolitischen Zweck: das Tor dieses Reichtums im Vorderen Orient selbst aufzubrechen. Erst 300 Jahre später gelang dies auf einem Umweg durch die Entdeckung des Seewegs nach Ost- und Westindien und schließlich zu den Tropenküsten Afrikas durch die Weiten der Ozeane. Das brach die Blüte Venedigs und ein weiteres Jahrhundert später (durch den Dreißigjährigen Krieg) auch die der reichen oberdeutschen Städte.

Alle Beteiligten an diesem Handel: Kaiser und Städte, Kaufherren, Seefahrer und Fuhrleute hatten ein Interesse an der Sicherung der Alpenpässe. Dies Interesse verschaffte den Landesherren der inneralpinen Talschaften, die sich um diese von allen Seiten angezielten Pässe zusammenschlossen, nicht nur bedeutenden Reichtum, sondern auch die Entfaltung einer wirkungsvollen eigenständigen Politik im Augenblick, wo die Reichsgewalt nach der Stauferzeit immer mehr von Einzelherrschaften (Territorien) ausgehöhlt wurde. Vier solche „Paßstaaten" sind in den Alpen entstanden. Der dauerhafteste war die seit 1291 sich nördlich des Gotthard sammelnde Eidgenossenschaft, welcher in der Folgezeit die als Graubünden um die genannten Kaiserpässe sich sammelnden Talschaften beitraten. Der dritte vielleicht klassischste dieser Paßstaaten war die Grafschaft Tirol um den Brenner und Reschen-Scheideck, deren Herrscher ihren Bereich seit dem Hochmittelalter bis zu den nördlichen und südlichen Talengen der Alpen – also wie die Eidgenossenschaft auch auf italienisches Gebiet – ausdehnen konnten. Seit 1363 mit den Habsburgischen Ländern vereinigt, war Tirol im Spätmittelalter eines der reichsten Teilgebiete Mitteleuropas. Endlich bildeten die inneralpinen habsburgischen Erbländer Steiermark und Kärnten, die wir auf Karte 1 mit dem Salzburger Pinzgau als „Innerösterreich" zusammenfassen, eine vierte östliche

Gruppe durch Pässe verbundener inneralpiner Talschaften. In all diesen Paßstaaten, am stärksten in der Schweiz, wirken Glanz und Reichtum der mittelalterlichen Größe bis heute nach. Die Ursache dafür ist, daß diese Alpenländer (in besonderem Maße wieder die Schweiz und Vorarlberg) seit 100 Jahren sowohl selbst durch die moderne Industrialisierung stark durchdrungen wurden und zudem – vielfach auf denselben Wegen wie im Mittelalter – die Verbindung zwischen einigen der bedeutendsten Industriestaaten der Welt herstellen; vom Fremdenverkehr, den wir später erwähnen, vorerst gar nicht zu reden. Kein anderes Hochgebirge der Erde kann auf eine solche Rolle im Werdegang der Volks- und Sprachenentwicklung, der Kultur- und Handelsbeziehungen ebenso wie in der modernen Wirtschaftswelt hinweisen.

## C. Das Werden des Hochgebirges

Welche Vorgänge haben gerade dieses Hochgebirge an dieser Stelle entstehen lassen, wann und wie geschah das?

Antwort: In drei gewaltigen, sich überschneidenden Phasen, die wir indessen nach den Ergebnissen der neueren erdwissenschaftlichen Forschung weit schärfer zu trennen haben, als das bisher meist geschah. Diese Phasen sind als drei nach Ursache, Art, Richtung und Tiefgang völlig verschiedene Komplexe von Vorgängen in der Kruste (Lithosphäre) und auf deren Oberfläche (Reliefsphäre) voneinander zu trennen. Außerdem umspannen sie zeitlich – erdgeschichtlich – in ihren Höhepunkten ganz andere Perioden.

Die erste, älteste beginnt vor knapp 100 Jahrmillionen in der Kreidezeit und dauert in Paroxysmen bis ins Oligozän sowie mit den letzten Ausläufern noch ins untere und mittlere Miozän, das heißt bis einschließlich des Helvet vor rund 15 Jahrmillionen. Dann folgten nur noch ganz schwache Nachklänge der einst so durchgreifenden Bewegungen. Wir meinen hier die horizontalen Deckenüberschiebungen in der Tiefe der Kruste.

Die zweite Phase beginnt, sich mit den letzten, vor allem am Alpennordrand spürbaren Nachbewegungen dieses Horizontalschubes zeitlich eben noch überlappend, im Oligozän und Altmiozän. Es ist die Hebung des durch die erste Phase strukturell präparierten Krustenstückes, die vertikale Aufwärtsbewegung dieses vorher in halbplastischer Tiefe zusammengepreßten und damit „alpinotyp" verfestigten Gesteinspaketes. Sie erreicht gerade erst seit dem mittleren Miozän (Helvet-Torton-Grenze vor rund 15 Jahrmillionen) größere Bedeutung, um sich endlich im mittleren und oberen Pliozän und dann vor allem im Pleistozän (d. h. in den letzten 1–3 Jahrmillionen) zu jenen Höhepunkten zu steigern, welche die Höherschaltung des heutigen Gebirges in seinem Umriß und zu seiner „endogenen Rohform" herbeiführte.

Gleichzeitig damit aber setzte der dritte Akt der von außen kommenden (außenbürtigen, exogenen) nach abwärts wirkenden, das heißt der Schwerkraft folgenden Abtragungsvorgänge ein. Dieser Vorgang erst war es, der das heutige Bild: das Relief des Gesamtgebirges und damit der Glockner-Gruppe schuf. Er vollbrachte dies infolge seiner doppelten Wirkung: einmal durch die quantitative Erniedrigung der „endogenen Rohform" und zweitens durch die dabei entstehende qualitative Auszisselierung der heutigen Formen der Täler und Hänge, Grate und Spitzen im einzelnen. Diese qualitative Ausformung des Gebirgsreliefs ist dabei das von der Geomorphologie speziell zu klärende Phänomen.

Bei diesem phasenweisen Werdegang der Alpen sind vor allem die ersten beiden – sowohl vorgangsmäßig wie schon rein zeitlich – in ihren Höhepunkten mit einem Abstand von mehr als 10 Jahrmillionen auseinanderliegenden Epochen scharf zu trennen. Daß das bis heute selbst in den neuesten Lehrbüchern der Geomorphologie und Geologie oft immer noch nicht deutlich genug geschieht, liegt merkwürdigerweise nicht zum kleinsten Teil an einem sprachlichen Lapsus: nämlich der Doppelbedeutung der Worte „Berg" und „Gebirge" im Deutschen und anderen Sprachen. Berg und Gebirge

(= Gruppe, Häufung von Bergen) im üblichen Sprachgebrauch wie im speziellen geomorphologischen Sinne bedeutet: ziemlich steile, sich deutlich über eine flachere Umgebung absetzende Erhebung, Aufragung oder wie man sonst sich ausdrücken mag. Die Begriffe „Berg" und „Gebirge" sind die Steigerung sanfterer solcher Erhebungen wie Bodenwelle, Hügel, Hügelland usw.

Das Wort „Berg" ist verwandt mit „bergen", „verbergen", bezeichnet also in jedem Fall eine kräftige, hoch aufragende Erhebung, die man nicht so leicht überwinden kann und die so den Blick über das dahinter gelegene Land verbirgt. Das ist die erste, in die Geomorphologie eingegangene Bedeutung.

Die zweite ist die geologische, sie stammt aus der Förderung von Bodenschätzen: von Salz, Gips und vor allem von Erzen aller Art. Diese Schätze traten in Gebirgen, wo die Täler den Aufbau der Kruste bis in große Tiefen bloßlegen, am ehesten zutage, konnten dort am leichtesten angefahren werden. So trieb man zunächst lieber in der Waagrechten von der Seite her Stollen in das feste Gestein: in „den Berg", in „das Gebirge" vor, als in senkrechten Schächten von oben. Aber schon bald lernte man auch von der Ebene aus in die Tiefe, ins feste Gestein Schächte „abzuteufen" und dann von dort aus Stollen nach der Seite zu treiben, um „unter Tage" den Gesteinsbau zu durchdringen, zu durchörtern und so den gesuchten Erzgängen, Salzlagern oder Kohlenflözen nachzuspüren. Die entscheidende logische Wendung geschah nun dadurch, daß man auch in diesem Falle, wo sich oben unter Umständen eine tischplatte Ebene und keine Spur von irgendwelcher morphologischen Erhebung fand, die Bezeichnungen „Berg" und „Gebirge" einfach als Synonym für „Fels" oder „Gestein" (fester Fels, anstehendes Gestein) beibehielt. Jede solche Fördereinrichtung für Bodenschätze, gleichgültig ob sie in ebenem oder bewegtem Gelände errichtet wurde, nannte man fortan ein „Bergwerk", die dort Tätigen Bergleute (früher Bergknappen). Es gibt Bergräte, Bergämter, Oberbergämter usw. Der Bergmann lernte früh die Schichtlagerung als eine der wichtigsten Voraussetzungen dafür kennen, wohin er seine Stollen vortreiben muß, damit sie zu den Bergschätzen (früher Bergsegen) führen und fündig werden. Flachlagernde Gesteinsschichten nannte er „Flözgebirge", das Hangende über seinen Stollen „Deckgebirge". Tief im Liegenden stieß er auf das – meist kristalline – „Grundgebirge", „Urgebirge" oder „Alte Gebirge", und wenn er vor Ort auf einen Schichtbau stieß, der gar zu sehr gestört, überschoben und gefaltet war, so nannte er das folgerichtig ein „Faltengebirge".

Damit war ein Ausdruck geprägt, der wie kein zweiter in den Erdwissenschaften durch lange Zeiten bis heute die größte Verwirrung stiftete. Denn es trifft sich – wie wir gleich sehen werden –, daß in den meisten Hochgebirgen der Erde und so auch in den Alpen die Gesteinsmassen, die besonders an nackten Wänden und Hochgipfeln sichtbar werden, stark gefaltet, ja oft in der tollsten Weise durchknetet, vielfach gestört und lagenweise überschoben sind, wobei sie in den Zentralalpen wie in der Glockner-Gruppe (s. den Beitrag von W. FRANK, S. 95) hochgradig „metamorph" umgeprägt wurden und kristalline Tracht annahmen. Man sah die Falten, man sah die Zinnen des Hochgebirges, der Begriff „Faltengebirge" lag aus der Bergmannsprache griffbereit da: was Wunder, daß man beides zu einem einzigen Vorgang ursächlich zusammenzog, sich die Alpen als unmittelbar durch die Faltung aufgetürmt, „aufgefaltet" vorstellte und sie in diesem völlig veränderten Sinne ein „Faltengebirge" nannte. Das geomorphologische Relief der Gebirgsaufragung wurde dabei mit dem – doch ganz andersartigen, lange vorher spielenden – Prozeß der Gesteinsfaltung in der Tiefe der Kruste unmittelbar kausal verknüpft und unter Überspringung zweier logischer Zwischenglieder der heutigen Gebirgsgestalt ein scheinbar einfach einleuchtender Sinn unterschoben. Man sieht, daß der Begriff „Faltengebirge" dabei unversehens eine ganz unzulässige, ja unsinnige Verzerrung erfuhr. Bis heute geben fast alle Lehrbücher der beteiligten Wissenschaften diesen jetzt mit einem ganz falschen Sinn belasteten Fachausdruck und damit die Vorstellung von der „Auffaltung der Alpen" mit unbefangener Selbstverständlichkeit wieder. Wenn hier und da bescheidene Korrekturen geltend gemacht werden, so wird doch nirgends deutlich betont, daß das Wort „Faltengebirge"

in diesem Sinne eine sprachliche Verwechslung, eine völlig unzulässige Zusammenziehung dreier grundverschiedener Vorgänge und Begriffe darstellt.

Denn in Wirklichkeit hat die meist starke Faltung fast sämtlicher in den Alpen auftretender Gesteine, ihre in der Tiefe erfolgte Pressung, Deckenüberschiebung und Durchknetung mit der späteren Erhebung dieses Krustenstückes über seine Umgebung und vollends mit der Ausgestaltung dieses Krustenteils zu seinen wahren „realen" Reliefzügen in der direkten Kausalität, die das Wort „Faltengebirge" vortäuscht, nicht das geringste zu tun.

„Faltung", „Hebung" und „Reliefbildung" sind grundverschiedene Vorgänge, und ihre – sehr wohl vorhandene – Kausalbeziehung ist in einer inzwischen gut durchforschten Weise nur mittelbar vorhanden und außerdem durch die genannten langen Zeiträume getrennt, denn auch der zweite Akt „die epirogen-vertikale Hebung" allein würde ja nur den ungegliederten Klotz einer „endogenen Rohform" geschaffen haben. Seine Erniedrigung und die gleichzeitige Ausgestaltung zu der unser Auge so entzückenden Vielfalt von Felsgraten, Kämmen, Wänden, Karen, Absätzen, Hängen und tiefen Tälern ist wieder das Ergebnis eines dritten: des rein exogenen Abtragungs- und letztlich Zertalungsvorgangs. Dieser hat unmittelbar (kausal) mit dem ersten Akt der – vornehmlich horizontalen – Tiefenfaltung nicht das geringste zu tun.

Wohl aber hat der spätere Abtragungs- und Zertalungsvorgang besonders an tiefenscheidenden Kamm- und Talwänden den alten Gebirgsbau oft deutlich bloßgelegt, hat die Tektonik „nachtastend" betont und sich verschiedentlich – aber durchaus nicht immer und vor allem in ganz verschiedener Art und Weise – den Härteunterschieden der bloßgelegten gestörten Gesteinsserien sekundär angepaßt – eine Tatsache, die den flüchtigen Betrachter (ja nicht nur diesen) in der genannten Verwechslung jahrzehntelang bestärkt hat. Die dabei in der Glockner-Gruppe besonders auffällig zutage tretenden „Strukturformen" hat H. SPÄTH auf S. 121 dieses Bandes im einzelnen dargestellt.

Der erste Akt dieses Dramas liegt in den Grundzügen seit langem fest, in den Einzelheiten, vor allem in seinen tieferen Ursachen (im übertragenen wie im wörtlichen Sinne: seines „Tiefganges") ist er neuerlich wieder in eine lebhafte, geophysikalische Diskussion geraten. Der Vorgang wurde – ganz im Sinne der obigen Verwechslung – von dem hochbegabten britischen Geologen G. K. GILBERT 1890 zum Überfluß noch mit dem völlig unpassenden griechischen Terminus „Orogenese" bezeichnet, was wörtlich „Bergentstehung" oder „Gebirgsbildung" heißt, obwohl er gerade damit – siehe oben – direkt gar nichts zu tun hat. Gleichviel: der Begriff „Orogenese" ist fest eingebürgert, denn er umfaßt mit klarer Definition diesen ersten Akt, der sich annähernd im Bereich des späteren und von ganz anderen Prozessen gestalteten Hochgebirges vollzog. Allerdings in einem sehr viel weiteren Bereich, der in der Kreidezeit mindestens die doppelte Breite der heutigen Alpen einnahm. Die Erdkruste, zuvor (in der Jurazeit) noch ziemlich heil, begann langsam in einem weiten Längsstreifen, dabei zunehmend belastet von Sedimenten, immer tiefer einzusinken. So tief, daß sie unten in den Bereich der „Schmelze", des „Magmas" geriet. Das ist der Bereich, in dem die dort übereinander angeordneten Gesteinsschalen sich sofort verflüssigen würden, wenn der überlagernde Druck von (auf den Kontinenten im Mittel 30 km dickem) festem Gestein ihren Schmelzpunkt nicht entsprechend erhöhte. So befindet sich die Materie dort in einem für uns fremdartigen Aggregatzustand, den man allenfalls mit der hochgradigen Weißglut des Eisens kurz vor dem Schmelzen vergleichen könnte. Die Gesteinsmaterie bleibt dort unter Druck durchaus noch „fest" (wenn auch in langen Zeiträumen leicht verschiebbar, das heißt „säkular-plastisch"). Aber bei der geringsten Entlastung längs aufreißender Spalten verflüssigt sie sich sofort und dringt dann als wirklicher „Glutfluß" nach oben in Gängen und Domen ins festere Gestein, ja unter Umständen in Vulkanen bis an die Oberfläche.

Was innerhalb der ersten langgestreckten Senke, die wir oben erwähnten, an Gestein bis in diesen Bereich absank, wurde von unten aufgeschmolzen. Eine solche „Synklinale" bedeutete eine Schwächezone in der Erdkruste. Gegen diese konnten sich die benachbarten, auf dem basalen Magma langsam beweglichen Festlandsschollen vorschieben.

So kam es zu Faltungs- und Überschiebungsbewegungen in diesem Bereich, der sich dabei auf die Hälfte bis 1/3 verengte. Die Überschiebung der einzelnen Decken geschah dabei, soweit das im heutigen Gebirge sichtbar wird, in den Alpen weithin nach Norden, nur im Ostteil der Südalpen nach Süden. Aber all das vollzog sich in kilometertiefen Gründen der Erdkruste, denn die Gesteine konnten solche „faltbaren" Zustände nur unter hohem Druck und unter hohen Temperaturen gewinnen, und die tieferen erfuhren dabei durch beides sowie durch das Eindringen heißer Gase und glutflüssig gewordenen Magmas ihre kristalline Umprägung, soweit diese nicht schon bestand. An der Oberfläche gab es damals noch gar kein „Gebirge". Das Land blieb flach, ja zum Teil sogar ein von Flachseen bedeckter Archipel von Inseln. In der Po-Ebene und dem nördlichen Vorland des Apennin scheint sich unter kilometertiefer Bedeckung durch pliozäne und pleistozäne Schichten eben ein neuer Zyklus solcher Tiefenfaltung anzubahnen. Von einer oberflächlichen Hebung ist auch an dieser Stelle keine Spur wahrzunehmen.

Denn dieser tiefgreifende Faltungsvorgang geschah in allererster Linie in Gestalt horizontalen Zusammenschubes. Nur in geringem Ausmaß fanden gleichzeitig schon vertikale Hebungen (mit gleichzeitiger Abtragung) statt – in anderen Teilen desselben Faltungsbereichs aber auch vertikale Absenkungen. Beides: Hebungen wie Senkungen bezeichnen wir dabei als epirogene Bewegungen. In die Tiefenzonen, die dabei auch im Krustenkörper der Alpen (sei es durch tektonische Senke wie auch durch erste Zertalungsphasen) entstanden, drang zeitweilig das Meer wieder ein oder es bildeten sich Sammelbecken des Schutts aus der höheren Umgebung. Das geschah in den Ostalpen unter anderem in der oberen Kreide (Gosau-Schichten), im Alttertiär (jüngere Flyschserien) und zuletzt noch im mittleren Miozän (nach dem Helvet). Schon vor der Gosau-Zeit und vollends bis zum Ende der Flysch-Zeit war dabei die Hauptfaltung im Bereich der Ostalpen schon beendet. Die Bewegungen, welche in einigen Längstalzonen und am nördlichen Alpenrand (aber nicht mehr im Burgenland) noch Schichten des Helvet in diesen zusammengepreßten Krustenbau einbezogen, gehören schon zu den letzten Phasen der „alpidischen Faltung" des Alpenkörpers. Durch die Zusammenpressung war dieser schon damals zu einem (besonders nach unten) stark verdickten und starr gewordenen („konsolidierten") Gesteinspaket oder Krustenklotz geworden, der sich im wesentlichen nur noch als Ganzes nordwärts gegen den benachbarten Saum des von weichen jungen Molasseschichten erfüllten nördlichen Alpenvorlands ein wenig vorschob. Mit dem Ende des Miozän klingen aber selbst diese letzten Horizontalverschiebungen vollends aus.

Das feine Korn gerade dieser Molasse-Sedimente – im Gegensatz zum groben der späteren Eiszeitschotter – beweist nun, daß die Alpen beim Abschluß der Faltung und durch diese kein Hochgebirge geworden waren. Auch bestand die gerade für die Tiroler und Österreichischen Alpen (s. Karte 1) so charakteristische morphologische Trennung der hohen Zentralalpen von den Nordalpen durch die „nördliche Längstalflucht" damals noch nicht. Kleine Gerölle aus den Zentralalpen wurden quer über die heutige nördliche Längstalflucht (von Tiroler Inntal, Pinzgau und Ober-Ennstal) hinweg auf einer im ganzen einheitlich sanften Abdachung direkt zum Alpennordrand verfrachtet. Sie finden sich heute als „Augensteine" auf allen hohen Kalkplateaus vom Steinernen Meer in den Salzburger Alpen bis zur Rax-Alpe in Niederösterreich. Der ganze Raum war damals erst schwach und offenbar vom S- zum N-Saum ziemlich einheitlich emporgewölbt. Er war dabei weitgehend noch unzertalt, sonst könnten die Augensteine nicht so gleichmäßig verteilt sein. Wie von mehreren Forschern (vgl. SPÄTH in diesem Band, S. 121) ermittelt wurde, weisen nun die Augensteine auf den Plateaus der nördlichen Kalkalpen noch kein Material aus den tieferen Penninischen Decken auf, die heute im „Tauernfenster" weitgehend von ihrer einstigen „ostalpinen" Bedeckung entblößt sind (s. FRANK, S. 96). Dies beweist, daß die Hohen Tauern und auch die Glockner-Gruppe zu Beginn der Augenstein-Ablagerung noch von einer kilometerdicken Gesteinsdecke überlagert waren, die seitdem abgetragen wurde. Andererseits sind nach SPÄTH (s. S. 127) auf einer ganzen Reihe von Glocknerkuppen noch fußballfeldgroße Reste eines ältesten Flachreliefs vorhanden. Während der langen

Augensteinzeit, die wohl vom Oligozän bis zum Helvet anzusetzen ist, wurde also eine große Gesteinsmasse flächenhaft über den Tauern und der Glockner-Gruppe Schnitt um Schnitt abgetragen. Dies geschah, während sich der starr gewordene Gebirgskörper im ganzen noch etwas nordwärts vorschob (s. oben). Die flächenhafte Abtragung dieses Gesteinspaketes zur Augensteinzeit wirkte wie ein Hobel, welcher der gleichzeitigen langsamen Aufwölbung der Kruste in diesem Teil des Alpenraums noch vollkommen Widerpart leisten konnte. Die Hebung wurde durch die allgemeine Abtragung praktisch kompensiert, so daß das Gebirge morphologisch noch nicht stärker in die Höhe wuchs.

Es ist dasselbe Bild, welches wir für die gleiche Zeit etwa in der Frankenalb viel genauer an Hand zahlreicher fossilisierter Bodenreste in Karstschlotten Schritt für Schritt verfolgen können. Dort sind seit dem Eozän bis zur Miozän-Pliozän-Wende etwa 50 m Gestein insgesamt flächenhaft abgetragen worden. Über der Glockner-Gruppe war es in der rund 15 Jahrmillionen umfassenden Phase der Augensteinzeit eine rund 20–30mal so mächtige Gesteinsdecke. Wir sprechen daher von dieser langen Periode flächenhafter Abtragung in den Ostalpen nicht mehr von einer „Augenstein-Landschaft", sondern von der „Augenstein-Flächenfolge". Mit Recht hat auch SPÄTH (dieser Band, S. 128) die von ihm in der Glockner-Gruppe hierher gezählten Flächenreste als „Erben der Augensteinfläche" bezeichnet.

Diese Reste repräsentieren somit nur die allererste Phase der Augenstein-Flächenfolge. Vielleicht sind auch in den höchsten Kuppen der „Rax-Landschaft" auf den Kalkplateaus in den Nordostalpen vereinzelt noch wenig veränderte Erbstücke aus dieser alten Zeit erhalten. Überall schneiden diese Flachlandreste alle tektonischen Schichtglieder und übergreifen ebenso unterschiedslos alle jüngeren Talsysteme.

Am Ende der „Augenstein-Flächenfolge" im Helvet (d. h. in der Zeit, die etwa mit dem letzten energischen Nordschub des Gebirgskörpers zusammenfällt) bot der Raum der Ostalpen etwa das folgende geomorphologische Bild: weite Rumpfflächen, allenfalls im Inneren gegliedert in flache Rumpfstufen, überspannten das Krustenstück zur Gänze. In seinem Kern – besonders im Bereich der heutigen Zentralalpen – wurde es noch von einzelnen Inselberggruppen und Inselbergen überhöht. Diese im ganzen noch flache Landscholle wurde überdeckt und belebt von jener fast sudanisch-afrikanisch anmutenden Pflanzen- und Tierwelt, wie man sie in den eozänen bis miozänen Braunkohlenlagern Mittel- und Süddeutschlands findet. Ein gleichmäßig-warmes, wechselfeuchtes Klima beherrschte damals noch bis in hohe Breiten die „tropoide Alterde". Tiefgründige, den heutigen tropischen Rotlehmen (Latosolen) ähnliche Böden überzogen den Felsuntergrund vieler Aufragungen Mitteleuropas. Gut erhaltene Reste davon finden sich etwa in den erwähnten Karstschlotten der Franken- und Schwabenalb oder in den weiten Decken der kaolinreichen sächsisch-böhmischen Porzellanerde. Die hier herrschenden Abtragungsvorgänge waren an eine tiefgreifende chemische Verwitterung an der Basis und eine starke Abspülung an der Oberfläche dieser mächtigen Böden geknüpft. Sie waren – ähnlich wie in den heutigen Randtropen – so geartet, daß sie den Flüssen in Bereichen schwacher bis mäßiger Hebung keine Gelegenheit zur Tiefenerosion, das heißt zum Einschneiden von Tälern in die weiten „Rumpfflächen" gaben. Vielmehr griff der Mechanismus der „doppelten Einebnungsflächen"[2] rücksichtslos über alle Gesteinsunterschiede hinweg und hielt so Jahrmillionen lang eine gleichmäßige allgemein-flächenhafte Abtragung in Gang. Sie schuf jene Rumpfflächen, die damals alle Hebungsgebiete, das heißt die noch wenig aufgewölbten Ansätze der heutigen Gebirge bis nach Skandinavien und Spitzbergen überzogen.

Wir wissen nicht, ob die höchsten Kuppen im Bereich der heutigen Zentralalpen und damit der Glockner-Gruppe damals (beim Ausgang des Helvet) 500 oder 100 m „Seehöhe" zeigten – ganz abgesehen davon, daß das Weltmeer auf der ganzen Welt die Festländer damals weit stärker überflutete als heute. Auch der Bereich der Alpen wurde damals an seinem N- wie an seinem S-Saum unmittelbar vom Meer oder im Niveau

[2] BÜDEL 1957: Die doppelten Einebnungsflächen in den feuchten Tropen. Zeitschr. f. Geomorph. Bd. 1, H. 2 und 1965: Die Relieftypen der Flächenspülzone Südindiens. Coll. Geogr. Bonn, Bd. 8.

kaum über Meereshöhe stehenden Süßwasserseen bespült. Darüber tauchte der Krustenklotz der Alpen damals im Antlitz Europas erst als eine noch ziemlich flache, lang hinstreichende Felsschwelle zutage, die durch einzelne Stufen, Inselberggruppen und -senken belebt war.

Gleichzeitig mit der langen Periode der seitlichen Zusammenpressung blieb somit die vertikale Hebung dieses konsolidierten Krustenstranges nach oben gering. Um so stärker dürfte seine Verdickung nach unten, in die unterlagernde zäh-plastische Schmelzmaterie gewesen sein. Noch heute taucht die Untergrenze des spezifisch leichteren Krustenmaterials, die unter den Festlandschollen normalerweise 25-30 km tief liegt, unter dem Alpenkörper bis auf 40 km und mehr hinab. Unter hohen Gebirgen wie dem Himalaya erreicht sie sogar bis 80 km Tiefe. Damit wurde hier ein Wulst leichterer Gesteinsserien in Tiefen hinabgepreßt, in denen sonst bereits schwerere liegen. Die Folge ist ein allmählicher Auftrieb dieser Stauchungszonen. Bei der unendlich langsamen Art, mit der in jenen zäh-flüssigen, säkular-plastischen Gluttiefen entsprechende Ausgleichsbewegungen vor sich gehen, verzögert sich die Wiederherstellung des gestörten Gleichgewichts (Isostasie) durch ein Auftauchen, eine Hebung dieses Tiefenwulstes leichteren Materials um Jahrmillionen. Es hat den Anschein, als sei die volle Geschwindigkeit dieser nachfolgenden, „vertikal-epirogenen" Hebung der Alpen erst lange nach dem Abschluß der vorhergehenden „horizontal-orogenen" Tiefenfaltung erreicht worden: nämlich erst im höheren Pliozän und im Pleistozän, das heißt in dem unserer Jetztzeit unmittelbar vorangehenden Eiszeitalter (das etwas mehr als eine Jahrmillion zurückreicht) und in den vorangehenden 2–3 Jahrmillionen des jüngeren Pliozän.

Wir erwähnten bereits, daß auch schon mit der vorhergehenden Tiefenfaltung Vertikalbewegungen – Senkungen wie Hebungen – einhergingen, daß diese aber bis zum Ende der Augensteinzeit nicht so stark waren, als daß sie nicht durch eine gleichzeitige und zwar dem damaligen Klima entsprechende, vornehmlich flächenhafte Abtragung hätten weitgehend ausgeglichen werden können. Auch die nachfolgende, nun offenbar an Stärke zunehmende Hebung, das heißt der jetzt voll einsetzende zweite Akt unseres Dramas, führte keineswegs unmittelbar zum heutigen Gebirge. Wäre er allein dessen Ursache, so stünde dieses heute in einer klotzartigen endogenen Rohform vor uns, die bei relativ raschem Anstieg von N und S her oben von einem weiten, mäßig bewegten Hochplateau im Bereich der heutigen „Gipfelflur" der Alpen und jener wenigen höchsten Flächenreste gekrönt würde. Setzt man im Geiste darauf noch die Gesteinsmassen, die bereits während der Augenstein-Flächenfolge durch die Abtragung beseitigt worden waren, so wäre dieser unbehauene Block noch einige Kilometer höher zu denken. Aber dieser Klotz, diese endogene Rohform des Gebirges hat niemals existiert! Schon vor der Wende der Augenstein-Flächenfolge wurde sie ja bis zu den Flachformen des letzten Augenstein-Erbes hin erniedrigt. Diese stellen die Reste der ältesten sichtbaren Reliefgeneration der Alpen und so auch der Glockner-Gruppe dar (s. SPÄTH, S. 128).

Von diesen Flächenresten des Augenstein-Erbes her läßt sich nun der dritte Akt unseres Dramas: seine exogene Ausformung durch die Vorgänge der Abtragung und damit der morphologische Werdegang des heute vor unseren Augen aufragenden Hochgebirges schrittweise verfolgen. Wir haben dabei von nun an allein die weiter sich hebenden Hochschollen im Auge, die ja das Gebirge ausmachen. In den Senkungsgebieten in und um das Gebirge: im nördlichen Alpenvorland und in der Po-Ebene, im tiefen Einbruchsfeld des Wiener Beckens (das mit seinen erst an der Helvet-Torton-Grenze absinkenden Bruchrändern die älteren Faltenstrukturen schroff abschnitt und samt dem krönenden Relief des Augenstein-Erbes kilometertief versenkte) sowie in den flacher hinabtauchenden Zonen der Oststeiermark und des Klagenfurter Beckens sind die alten Rohformen nicht abgetragen, sondern unter jungen Sedimenten verschüttet worden.

In den Hochgebieten aber wurde die Rohform des Gebirges schon bis zur ersten morphologisch faßbaren Reliefgeneration: den Flächenresten des Augenstein-Erbes tief abgetragen. Gehen wir von dieser ersten sichtbaren Reliefgeneration aus, so hat die

seitherige exogene Bearbeitung das Gebirge in doppelter Weise ausgeformt. Große Gesteinsmassen wurden relativ zum Augenstein-Ausgangsrelief abgetragen: von diesem aus gesehen ist also durch weitere quantitative Wegschaffung von Material eine relative Erniedrigung erfolgt. Da aber gleichzeitig die endogene Hebung an Stärke bis in sehr junge erdgeschichtliche Vergangenheit zunahm, wuchs das Gebirge dennoch als Körper weiter empor. Dies um so mehr, als sich die Abtragung während dieses Prozesses immer mehr auf die schmalen Linien einzelner Täler zurückzog und sich damit einengte. So prägte die exogene Abtragung den sich hebenden Gebirgskörper gleichzeitig qualitativ zu dem vielgestaltigen und feingegliederten Einzelbild um, das heute von den höchsten Felszinnen bis hinab zu den Talgründen unser Auge entzückt. Diese exogen-qualitative Ausformung als der dritte Akt unseres Dramas ist der entscheidende Prozeß; genauer: die entscheidende Vorgangsfolge, der wir das heutige Gebirge verdanken. Denn die einzelnen Berge und Berggruppen, wie wir sie heute vor uns sehen, sind nicht, wie eine beliebte Metapher es ausdrückt, „durch Riesenkräfte emporgetürmt" worden, sondern wie H. LEHMANN[3] es treffend formulierte, „nur die stehen gebliebenen Reste zwischen den Tälern". Diese sind, vor allem in ihren jüngsten, eiszeitlich zugeschnittenen Formen das eigentliche Agens der morphologischen Gebirgsbildung.

Wir haben damit schon angedeutet, daß die Zertalung: die Talbildung freilich nur der jüngste Akt dieser morphologischen Gebirgsbildung ist. Nach der Augenstein-Flächenfolge, die etwa mit dem Helvet abschloß, herrschten noch viele Jahrmillionen, bis ins mittlere und höhere Pliozän, trotz eines allmählichen Absinkens der Jahrestemperaturen – die Entwicklung der Faunen und Floren zeigt dies – dennoch Klimaumstände und damit Typen der Bodenbildung und der Denudation vor, die weiterhin in allen nicht zu stark gehobenen Gebirgsteilen noch der Flächenbildung (und Flächenerhaltung!) Vorschub leisteten. Das geschah nach dem oben angedeuteten Mechanismus, wie er heute noch besonders die Tiefländer der Randtropen beherrscht.

In den stark gehobenen inneren Alpengruppen setzte zuerst der Umschlag zur Zertalung ein. Gleichzeitig zog sich die Flächenbildung immer mehr auf die sich langsamer hebenden Ränder des Gebirges und in die inneralpinen Zonen zurückbleibender Hebung (besonders in den sich ja allmählich herausbildenden Längstallluchten) zurück. Aber es war noch eine von der heutigen noch wesentlich abweichenden Art der Zertalung. Ein durchgreifender Umschwung der Abtragungsverhältnisse trat erst im obersten Pliozän und vor allem im „Ältestpleistozän": in der etwa von 1,2–0,6 Jahrmillionen vor der Gegenwart andauernden frühesten Phase des Eiszeitalters ein. In dieser Zeit beherrschte eine wenn auch noch nicht sehr tiefgreifende Zertalung schon große Teile der Alpen. Die nunmehr auf den alleräußersten Rand des Gebirges und sein unmittelbares Vorfeld beschränkte Fußflächen-Bildung (Bildung von „Pedimenten" auf festem Gesein, von „Glacis" auf weichen Vorfeld-Sedimenten) folgt ganz anderen Gesetzen als die ältere Bildung der weite Gebirgsteile überspannenden, unter tropenartigen Klimazügen mindestens feuchtheißen Sommern (bei unter Umständen schon ektropisch-kühlen Wintern) entstandenen Flächen. Die letzte schroffe Zertalung ist dann ein Werk des erneuten durchgreifenden Klimaumschwungs in der zweiten Hälfte des Eiszeitalters (Alt-, Mittel- und Jungpleistozän) in der die Kaltzeitabschnitte („Eiszeiten") den Einbruch subpolarer, ja polarer Klimaverhältnisse und damit die Vergletscherungsphasen im Großteil der Alpen (wenn auch nicht in ihrer Gesamtheit!) mit sich brachten.

Verfolgen wir die solcherart umrissene Abfolge von Reliefgenerationen in der Glockner-Gruppe. Hier hat SPÄTH (s. S. 129ff.) auf Grund sorgsamer Korrelation der Ergebnisse älterer Bearbeiter (siehe das dortige Literaturverzeichnis!) und eigener Beobachtungen unterhalb der hochgelegenen Reste des Augenstein-Reliefs (erste Reliefgeneration) noch eine zweite und dritte Reliefgeneration verwandten Charakters unter-

[3] H. LEHMANN, 1964: „Glanz und Elend der morphologischen Terminologie". Wrzbg. Geogr. Arb., H. 12.

schieden: das höhere, zuerst von CREUTZBURG so benannte „Firnfeldniveau", dem zum Beispiel der Felsuntergrund des oberen Pasterzenbodens angehört und das tiefere, zuerst von SEEFELDNER so benannte „Flachkarniveau", dem beispielsweise die Piffkare nördlich der Edelweißspitze und des Fuscher Törls angehören. Beide Formgemeinschaften sind auch in vielen anderen Teilen der Glockner-Gruppe und der übrigen Hohen Tauern in ausgedehnten Flächenresten erhalten. Unter sich sind sie bereits durch deutliche Stufen einstigen „tropischen Gebirgsreliefs" (BÜDEL, Anm. 3) getrennt. Sie kappen ebenfalls noch rücksichtslos alle tektonischen Serien. Besonders wichtig ist, wie SPÄTH mit Recht hervorhebt, der Umstand, daß auch die tiefere Generation des Flachkarniveaus stellenweise noch über Wasserscheiden hinweggreift, sich also vom späteren Talnetz unabhängig zeigt. Die höheren Zentralalpen waren somit im wesentlichen noch eine Rumpftreppe, wenn auch mit viel stärker herausgehobenen Kernregionen. Die Stufen zwischen diesen drei Generationen von Verebnungsflächen waren wohl durch jene engen und im Längsprofil steil gestuften Kerbtäler gegliedert, wie sie solche Stufen auch in den heutigen Randtropen aufschlitzen. Aber solche steilen Reliefzüge sind viel weniger erhaltungsfähig als flache. Dazu muß man ganz allgemein bedenken, daß auch flache Formenreste, je tiefer sie liegen, im späteren Eiszeitalter unter eine um so mächtigere Eisbedeckung gerieten und entsprechend stärker nach den seit A. PENCK[4] und anderen wohlbekannten Gesetzen glazial überformt und ausgestaltet wurden.

Die Glockner-Gruppe war dabei ein während dieser ganzen Entwicklung gleichmäßig stark gehobener Gebirgsteil. Wir werfen einen kurzen Vergleichsblick von da nach den im N und S benachbarten Kalkalpen. Hier war die Hebung der einzelnen Gebirgsteile weit unterschiedlicher. Auf der anderen Seite hat im Kalkgestein der Vorgang der Verkarstung dazu geholfen, daß hier flache Altreliefteile – auch dank der allgemein geringeren und je weiter östlich um so mehr fehlenden Vergletscherung – viel besser und vor allem in weit größerem Umfang erhalten blieben als in den Zentralalpen. In den Südalpen bieten die Julischen Voralpen und die von da zur Adria hinabführenden weiten Verebnungen des Ternowaner und Birnbaumer Waldes sowie des Triester Karstes eindrucksvolle Beispiele dieser Art. In den nordöstlichen Kalkalpen reicht die schon erwähnte Kette hochgelegener, von einem sehr kennzeichnenden, flachen Altrelieftyp gekrönter Kalkstöcke von den Salzburger Alpen bis zum Rand des Wiener Beckens im Osten. Über den steilen Außenabstürzen dieser Kalkstöcke erhebt sich mit stark konvexer „Arbeitskante", an der das „Abreißen" aller Abtragungsvorgänge besonders deutlich zutage tritt (vgl. BÜDEL, Anm. 2), ein zuweilen etwas bewegteres, aber im ganzen sehr flaches Kuppenrelief, das Anklänge sowohl an ein „tropisches Rückenrelief" wie an bestimmte tropische Karstformen zeigt. Als „Rax-Landschaft" hat es seit LICHTENECKER seine anerkannte Bezeichnung gefunden. Der Typus bleibt sich überall sehr ähnlich und ist mit großer Sicherheit einst über allen Kalkgebirgsstöcken der Nordostalpen in gleicher Weise und in relativer Nähe zum Meere (oder meernahen Süßwasserseen, die ja die Alpen bis zum Ende des Miozän noch rings umfluteten und ihren Ostrand noch im Unterpliozän bespülten) ausgebildet worden. Aber die seitherige Hebung geschah sehr unterschiedlich. Im Steinernen Meer und auf dem Dachstein erreicht das Rax-Relief mit seinen höchsten Kuppen noch über 2500 m. Im Toten Gebirge und im Hochschwab werden 2000 m gerade über-, auf der Rax und dem Wiener Schneeberg gerade etwas unterschritten. Außerdem sind diese östlichsten Kalkstöcke in der Nähe des jung eingesenkten Wiener Beckens in stärkerem Maße in sich zerbrochen. Auf dem Gahns-Plateau östlich des Wiener Schneeberges liegt ein der Rax entsprechendes Flachrelief nur noch 1300, auf der Hohen Wand nur noch 1200 und auf der Mahlleiten bei Wiener Neustadt nur noch 600 m hoch. Im Weichbild Wiens erreichen – im Flysch des Wiener Waldes freilich viel kleinere, unscheinbarere – Verebnungsflächen eben 500 m.

Die Ausbildung des flachen, krönenden Altreliefs der „Rax-Landschaft", das ebenfalls den gestörten Schichtbau kappt, geht genetisch unmittelbar auf die Augenstein-Flächenfolge zurück und bildet eine demgegenüber nur wenig erniedrigte und weiter-

[4] A. PENCK und E. BRÜCKNER, 1909. Die Alpen im Eiszeitalter, Leipzig.

entwickelte Reliefgeneration. Ohne die Vorarbeit durch die lange, langsame und weitgespannte Flächenabtragung der Augensteinzeit hätten sich auch die ausgedehnten Fluren des Rax-Reliefs nicht bilden können. Das ist ein wichtiger Gesichtspunkt, der durch die allgemeine Verbreitung der Augensteine belegt wird.

Da am Fuß der östlichsten dieser Rax-Plateauberge am Rand des Wiener Beckens noch das Tortonmeer brandete und sie mit seinen Kalkriffen subtropischen Charakters: dem „Leithakalk" umgürtete, fällt die Ausbildung der Rax-Landschaft noch vor das Torton, das heißt in die Zeit zwischen dem Helvet und diesem. Das heißt aber nicht, daß weiter im W in den stärker gehobenen Teilen der Kalkalpen nicht auch noch jüngere als tortonische Flachformenreste nachträglich in wesentlich größere Höhen gehoben wurden, unter Umständen bis 1000 m und darüber. Auch minder gehobene Stücke der „Rax-Landschaft" können dort in solcher Höhenlage noch eine junge Überarbeitung erfahren haben[5]. Im ganzen dürfte die Rax-Landschaft in etwa dem Firnfeldniveau, in tieferen, noch später aus- bzw. überarbeiteten Stücken eventuell auch noch dem Flachkarniveau der Zentralalpen entsprechen. Ihre weitgehende Überstreuung mit Augensteinen (auch auf manchen Kuppen!) zeigt jedenfalls, daß sie noch aus einer Zeit allgemeiner Nordabdachung der Alpen vor Anlage der Längstalfurchen stammt.

Danach folgt eine Zeit nicht nur der allgemein stärkeren, sondern vor allem auch der stärker differenzierten Hebung des Gebirgskörpers. Von der späteren Zerstückelung des Rax-Reliefs war schon die Rede. Mit dem Einbruch des Wiener Beckens zu Beginn des Torton begannen sich auch die nördliche und südliche Längstalflucht als minder gehobene „Großmulden" und damit der heutige „Großfaltenwurf" des Gebirges (der Ausdruck stammt von A. PENCK) in nördliche Kalkalpen, Zentralalpen und südliche Kalkalpen auszubilden. In der Glockner-Gruppe schied SPÄTH (s. unten S. 132, ebenfalls in teilweiser Übereinstimmung mit früheren Autoren) als vierte Reliefgeneration das „Hochtalsystem" mit sehr charakteristischen, von den älteren Reliefgenerationen bereits deutlich abweichenden Zügen aus. Wie der Name sagt, umfaßt diese Generation im Innern der Glockner-Gruppe die „Hochkare" und „Hochtröge", also durchaus schon Formen einer ersten kräftigen Zertalung, die aber noch nach den Gesetzen des „tropischen Gebirgsreliefs" erfolgte. „Gegenüber den alten Reliefgenerationen ist das Hochtalsystem zur Gänze an die Tauerntäler gebunden. Nirgends greift es über Wasserscheiden hinweg" (SPÄTH, S. 132). Talauswärts bildet es den höheren Teil der Verebnungen, die wir aus dem später glazial überarbeiteten Relief als die „Trogschultern" kennen (A. PENCK, s. Anm. 4). In großer Entfernung vom Kern des Gebirges öffnet sich das Hochtalsystem über „Eckfluren" zu weiten Restverebnungen vom Charakter der aus den wechselfeuchten Tropen bekannten „Dreieckbuchten", die allmählich die höher gelegenen Flächenreste der älteren Reliefgenerationen aufzehrten. Die im Hintergrund der Dreiecksbuchten und von den Seiten auf diese zulaufenden gestuften Täler sind heute meist zu Kartreppen umgestaltet. In diesen relativ engen und steilen Wurzeltälern des Hochtalsystems war natürlich die spätere glaziale Umformung besonders stark.

Daß das Hochtalsystem bereits dem Pliozän angehört, dürfte unbezweifelt sein, in welche (ältere oder mittlere) Phase dieses Zeitraums es genauer einzuordnen sei, bleibt vorerst offen. Es ist durchaus möglich, daß am östlichen Alpenrand, der sich in dieser Zeit erst langsam heraushob, gleichzeitig ein Flächensystem, unter Umständen sogar eine Flächentreppe ausgebildet wurde. Wir hoben schon hervor, welche starken Differenzierungen die Alpenhebung bei einer Beschleunigung im Pliozän erfuhr. Es geht daher nicht an, durch das ganze Gebirge einheitliche „Niveaus" konstruieren zu wollen.

[5] Dabei muß man bedenken, daß die heutige Seehöhe von Altflächen nur die Bilanz aller Vertikalbewegungen seit der Zeit ihrer Anlage bedeutet. Die seitdem erfolgte Hebung ging nicht kontinuierlich vor sich, ja sie kann sogar von Senkungsbewegungen unterbrochen worden sein, wenn sie sich auch im ganzen in den heutigen Hochschollen der Alpen mit Annäherung an die Gegenwart verstärkt haben dürfte. Beiträge zu dieser prinzipiellen Erkenntnis haben J. BÜDEL 1933 am Alpenrand des Wiener Beckens (Berliner Geogr. Arb., H. 4) und U. GLASER 1964 in der Schwäbischen Alb erbracht (Wrzbg. Geogr. Arb., H. 11)

Die Altflächen sind überhaupt keine „Niveauflächen". Wir verwenden diesen Ausdruck ungern und nur, wenn er sich, wie bei „Firnfeldniveau" und „Flachkarniveau" schon stark eingebürgert hat und wenn man ihn mit Beschränkung für eine begrenzte Gebirgsgruppe wie die des Glockner verwendet. Denn schon in ihrer Bildungszeit schwangen diese Altflächen quer zum Gefälle sanft auf und ab und stiegen außerdem generell zu den Zentren an, die zur Zeit ihrer Bildung die beherrschten Hochgebiete waren. Die Verschiedenartigkeit der späteren Vertikalbewegungen ließ auch ehedem gleich-artig und -zeitig angelegte Reliefgenerationen in ganz verschiedene Höhen gelangen. Eine durch eine Zäsur unterbrochene Hebung in einem Gebirgsteil oder einer Randzone des Gebirges kann dort zwei Verebnungen übereinander entstehen lassen, während sich im gleichmäßig gehobenen Inneren nur eine Reliefgeneration ausbildete. Wir sprechen dann von den – stets lokalen – tektonischen Reliefgenerationen, während die großen, übergreifenden stets klimatischer Herkunft sind. Die Zeit des „Hochtalsystems" bringt im stark gehobenen Gebirgsinneren schon den Umschlag zur Talbildung, während in den minder gehobenen Längstalfurchen und insbesondere an der östlichen Randzone des Gebirges die Flächen-Bildung bzw. die -Weiter-Bildung andauerte[6].

Es ist keine Frage, daß vorherrschende Flächenbildung – analog den Verhältnissen in den deutschen Mittelgebirgen – am östlichen Abschwung der Alpen gegen das Steierische Hügelland und das Ungarische Tiefland bis in Zeiten des mittleren, ja des jüngeren Pliozän noch andauerte. Voraussetzung dafür ist neben schwächerer, bzw. erst allmählich einsetzender langsamer Hebung die Fortdauer entsprechender Klima-, Bodenbildungs- und Abtragungsbedingungen. Vor allem sind bis in diese späte Zeit viele der schon höher gehobenen Altflächen- bzw. Altreliefreste, die an einzelnen Linien schon der Zertalung anheimfielen, dazwischen auf große Flächen hin noch in abgeschwächter Form weiterentwickelt worden. Solche Altrelief-Reste sind ja in der kalkalpinen Rax-Landschaft besonders gut erhalten. Die jüngeren Flächen am Ostrand der Alpen wurden im letzten Menschenalter von zahlreichen Forschern näher untersucht und – was hier eben möglich, siehe Anm. 6 – mit den korrelaten Ablagerungen des Vorlandes in Verbindung gesetzt. Hier sind vor allem die Namen von A. WINKLER-HERMADEN und J. FINK hervorzuheben[7]. So hat letzterer am NO-Sporn des Steierischen Randgebirges eine viergliedrige Rumpftreppe erwiesen, die von der Altfläche des Hochwechsels (rund 1700 m) über tiefere Flächen in rund 1000 m und 800 m auf eine solche in 600 m Höhe im mittleren Burgenland hinabführt. Setzt man die Altfläche des Wechsels etwa der Rax-Landschaft gleich, so handelt es sich bei den tieferen um jünger angelegte Fluren aus der Zeit des Torton bis zum älteren Ober-Pliozän. Sie entsprechen damit zeitlich etwa den Reliefgenerationen des Flachkarniveaus und des Hochtalsystems der Tauern. Die entsprechenden Ablagerungen finden sich im Vorland bei immer schwächerer Heraushebung regelmäßig übereinander angeordnet: die jeweils jüngeren bis zum „älteren Oberpliozän" immer weiter ostwärts und dorthin immer flacher einfallend. Daß dabei bis in diese späte Zeit noch die Abtragungsvorgänge der rand- bis subtropischen Flächenbildung mit tiefgründiger chemischer Verwitterung anhielten, beweisen die auch noch in tieferer Lage erhaltenen Vorkommen von Rotlehm mit Montmorillonit und Kaolinit oder entsprechenden Vergrusungszonen. Sie finden sich im mittleren Burgenland auf Altkristallin und Basalt. Ähnlich junge Rotlehmdecken beschrieb WINKLER-HERMADEN über Basaltdecken der Ost-Steiermark. Sie entsprechen

[6] Die Fortdauer der Flächenbildung bei langsamer Hebung und dem Fortwirken eines mindestens die *Flächen-Weiterbildung* erlaubenden Klimas ist am Ostsaum der Alpen viel besser als an deren Nordsaum zu verfolgen. Dort wurden die älteren Flachformen durch die tektonische Überschiebung gestört und ihr Zusammenhang mit den korrelaten Ablagerungen im Vorland zerrissen. Sämtliche präglazialen Reliefgenerationen wurden außerdem am Alpennordsaum durch die zwischen Rhein und Salzach besonders starke Vorlandvergletscherung überformt. So sind die entscheidenden Ergebnisse zum Werdegang des Gebirges vornehmlich am Ostsaum der Alpen gewonnen worden.

[7] Die folgenden Angaben stützen sich neben den älteren Forschungen von WINKLER-HERMADEN und meinen eigenen Arbeiten im Wiener Becken aus den Jahren 1925 bis 1933 vor allem auf freundliche mündliche Mitteilungen von J. FINK auf Exkursionsführungen in den Jahren 1961 und 1966.

weitgehend den oben erwähnten Bodenresten auf miozänen bis jungpliozänen Altflächen der deutschen Mittelgebirge.

Ein grundsätzlich anderer Abtragungsmechanismus ergriff das werdende Alpengebirge erst an der Wende vom Oberpliozän zum Ältestpleistozän. Während die älteren Reliefgenerationen sämtlich noch von einem Klima von rand- und subtropischer bis warmgemäßigter Art mit mindestens feuchtheißen Sommern ausgebildet wurden, welches im stärker gehobenen Alpeninneren schon zur Talbildung entsprechenden Charakters führte, in den schwach gehobenen Randzonen aber den Mechanismus der Bildung weiter Verwitterungs-Rumpfflächen fortdauern ließ, wurde jetzt so ziemlich das ganze Gebirge von einer verstärkten, und zwar wesentlich mechanischen Abtragung ergriffen, die sich bis an seine Ränder hin in der Form allgemeiner Zertalung äußerte. Wohl erreichten die Täler – besonders in den zuletzt noch flächenhaft ausgeformten Randzonen des Gebirges – bei weitem noch nicht die Tiefe der heutigen, und auf dem äußersten Saum, vor allem über den inzwischen leicht gehobenen korrelaten Sedimenten des Vorlandes, aber von da aus hier und da doch schon ein wenig bis in den festen Gesteinskörper des Alpenrandes zurückgreifend, zogen sich nun sanft abgeböschte Fußflächen viele Kilometer weit ins Vorland hinaus. Soweit sie noch auf festes, anstehendes Gestein zurückgreifen, sprechen wir hier von „Pedimenten". Weiter draußen im Vorland, wo sie sich über junggehobene einstige Beckenfüllungen (aus der Zeit vom Helvet bis zum älteren Oberpliozän) ausdehnen, spricht man von „Glacis"[8] (nach dem Muster der flachen Schußfelder vor den Festungswällen der Barockzeit). Besonders das Ältestpleistozän (d. h. der früheste, von Gletschervorstößen noch freie Abschnitt des Eiszeitalters, der etwa von 1,2–0,6 Jahrmillionen vor heute andauerte) war eine Zeit der Formung ausgedehnter solcher Fußflächen sowohl am Alpenostrand wie am ganzen Innensaum der Karpaten gegen das Ungarische Tiefland hin. Besonders großartig – vielleicht ein Zeichen, daß das Klima schon damals ostwärts trockener wurde – sind solche Fußflächen am Saum der Südkarpaten gegen die Walachei entwickelt.

Die Bildung dieser Fußflächen erfolgte aber durch einen ganz anderen Mechanismus, der einen durchgreifenden Klimawandel voraussetzt. Das Temperaturniveau lag zwar noch etwas höher als heute, denn eine Vergletscherung der Alpen und selbst der Polargebiete fand damals noch nicht oder nur in bescheidensten Anfängen statt. Aber es muß damals in Mittel- und Südeuropa zeitweise viel trockener gewesen sein, und zwar wie es scheint, gerade im Sommer. Denn heutzutage werden solche Fußflächen nur noch am Rand sehr trockener Gebirge ausgebildet, vor allem im Iran, in der nördlichen Sahara, im benachbarten Marokko und im trockenen Südwesten der USA.

Diese Fußflächen entstehen nicht mehr durch tiefgründige chemische Verwitterung und Abspülung feinen Materials an Ort und Stelle. Sie setzen vielmehr ein überhöhendes Gebirgsrückland mit starker Anlieferung mechanischen Schuttes voraus, das in Talsträngen zum Gebirgsrand transportiert wird. Wo in diesen Strängen das Gefälle dann zu gering wird, um noch von den gelegentlichen Hochfluten weitergeschafft zu werden, breitet sich dieser Schutt flächenhaft und zugleich abtragend über das Vorland aus. Der Träger der Flächenbildung ist daher hier eine von Hochwasserstößen mechanisch über den Untergrund bewegte Decke von meist nur 2–3 m mächtigem Fanglomerat oder Fanger-Schutt[9] mit einer sehr charakteristischen Mischung mittelgrober bis grober, stärker oder schwächer zugerundeter Geschiebe in einer Grundmasse mehr sandigen als tonigen Feinmaterials. Wo große Flüsse wie die Donau das Gebirge verlassen, ist, wie in den hierher gehörigen Fluren des Krems-Feldes bei Krems oder der Laaerbergschotter bei Wien (s. FINK, Anm. 7) dieses Material stärker gerundet (oft in eigenartig diskusähnlicher Weise). Wo, wie auf den ausgedehnten Fußflächen östlich und westlich der

[8] Neben amerikanischen und französischen Forschern haben sich in jüngster Zeit besonders H. MENSCHING sowie J. HÖVERMANN, M. PECSI und K. WICHE in zahlreichen Arbeiten um den Ausbau unserer Kenntnisse dieser Formgemeinschaften bemüht.

[9] Der letztere Ausdruck für lockeren solchen Schutt stammt von G. STÄBLEIN. „Die Reliefgenerationen der Vorderpfalz", Wrzbg. Geogr. Arb., H. 23.

Rabnitz im mittleren Burgenland nur kleinere Täler und flache Randhänge des Gebirges solche Flächen mit Schutt belieferten, überwiegen die eckigen bis schwach gerundeten Bestandteile in diesen Fanger-Decken. Daß dabei der Ausbildung solcher Fußflächen dort, wo sie als Pedimente ins feste Gestein des Gebirges zurückgreifen, zuweilen eine dem älteren Modus entstandene Flächenbildung vorgearbeitet hat, wird dort erkennbar, wo sich unter solchen Fanger-Schuttdecken noch Reste der tiefgründigen alten Rotlehm-Verwitterung bzw. -Vergrusung finden. Die ausgedehnten Reste dieser Fußflächen liegen im mittleren Burgenland nach FINK in 340–360 m Höhe, bei und südlich Wien (als Laaerbergschotter) in 250–260 m, bei Krems und St. Pölten bei 300 m. Weiter westlich liegen solche Fußflächen am Alpennordrand in noch größerer Höhe. Vielleicht kann man im Allgäuer Alpenvorland bis 900 m hoch gelegene Schotterfluren mit dazu rechnen.

Vom Alpenrand her ist diese sehr kennzeichnende Reliefgeneration in Gestalt alter Talbodenreste so weit gebirgseinwärts zu verfolgen, als sie ehemals breitsohlig reichten. Aber diese Täler waren noch nicht sehr tief und wurden gelegentlich von Stufen unterbrochen. Vollends in den schon bisher einer gewissen Zertalung ausgesetzten stärker gehobenen Innenteilen der Alpen wie in der Glocknergruppe wurden nun schon recht schmale Täler in das ehemals breite „Hochtalsystem" eingesenkt. Dieses Zerschneidung des Hochtalsystems geschah ebenfalls noch stufenweise und führte damals schon zur ersten Anlage der berühmten – beim Bergsteiger als „Grasschinder" berüchtigten – Trogschlüsse, sowie der vielen Mündungsstufen von den Seitentälern in die Haupttäler. In den inneren Alpengruppen war damit schon der Stufenbau der Täler angelegt. Es ist die „präglaziale" Zertalungsphase, die schon A. PENCK als Voraussetzung für die spätere Bildung der glazialen Trogtäler – unter Zerschneidung der Trogschultern – annahm. Nur daß er die Entstehung der Talstufen noch zur Gänze der späteren Gletscherwirkung zuschrieb. Aber das Eis schafft nicht nur neue Stufen, es verstärkt noch öfter bereits vorhandene durch die mannigfachen Phänomene der Übertiefung. Die Stufung der Alpentäler war vielfach bereits präglazial durch die vorher herrschende Zertalungsart eines tropischen Gebirgsreliefs angelegt[10]. Außerdem war die „fluviatile" Mitformung der alpinen Trogtäler kein rein präglazialer Vorgang, sondern einer, der sich im Verlauf der später-pleistozänen Vergletscherungsphasen in Wechselwirkung mit diesen vollzog. Damit ist auch die Frage beantwortet: wo kamen plötzlich die riesigen, aus Grob und Fein, Gerundetem und Ungerundetem wild-gemischten Schuttmengen her, welche die Bildung der Fußflächen erfordert? Daß sie aus den höheren, inneren Alpengruppen stammen, zeigt schon ihre Gesteinszusammensetzung. Von allen Sanftflächen und Althängen des bis dahin im wesentlichen noch flächenhaft reliefierten Gebirges wurde jetzt der alte, chemisch tiefgründige zersetzte Boden- und Verwitterungsbelag abgetragen und zum Gebirgsrand verfrachtet. Das geschah durch wüstenhaft-periodisch- bis episodisch mächtig anschwellende Flüsse. Diese erhielten damit zugleich die nötigen Erosionswerkzeuge zur Talbildung. In dieser nunmehr mechanischen Abtragung und Ausräumung des Alpengebirges sehen wir die Wurzel der großen Schuttmengen, welche die weiten Fußflächen (und zugehörigen Schotterfluren) am Gebirgssaum nunmehr auf mechanischem Wege schufen. Daß dabei nach alter Art gebildete Rumpfflächen oft nur flach überarbeitet und in den Fußflächenbereich einbezogen wurden, haben wir schon erwähnt.

Diese ältest-pleistozäne Formgemeinschaft der ersten Zertalung des Gesamtgebirges und der Ausformung des anschließenden randlichen Fußflächen-Sockels bildet das Ausgangsrelief der spät-pleistozänen Ausformung der Ostalpen während des eigentlichen „Eiszeitalters", in dem wirkliche „Eiszeiten" (Glazialzeiten, d. h. Kaltphasen mit starker Vergletscherung eines Großteils des Alpengebirges) mit zwischenliegenden „Warmzeiten" (Interglazialzeiten mit Gletscherschwund und Wiederbewaldung) wechselten.

[10] J. BÜDEL, 1965: Die Relieftypen der Flächenspülzone Südindiens. Coll. Geogr. Bonn, Bd. 8 und J. P. BAKKER 1965, A forgotten factor in the interpretation of glacial stairways, Zschr. f. Geomorph. Bd. 9, H. 1.

Der Eintritt dieser Phase des eigentlichen Eiszeitalters bedeutet einen neuen durchgreifenden Klimaumschwung und leitet eine gegenüber dem Ältest-Pleistozän wieder völlig andersartige Groß-Reliefgeneration ein. Es ist dabei besonders kennzeichnend, daß diese sich im ehemals vergletscherten und ehemals nicht vergletscherten Teil der Ostalpen in recht verschiedener Weise auswirkte.

In diesem vor rund 0,6 Jahrmillionen beginnenden zweiten Abschnitt des Pleistozän erreichte die Vereisung des Gebirges mehrmals – mindestens viermal, vielleicht sogar sechs- bis siebenmal – Höhepunkte, in denen der Umfang der Eisüberdeckung jeweils (mit nur geringen Ausschlägen) dasselbe Ausmaß hatte wie in der letzten, erst jüngst vergangenen Würm-Eiszeit oder Würm-Kaltzeit, die von rund 70000 bis rund 10000 Jahren vor der Gegenwart andauerte. Der Hochstand der damaligen Vergletscherung während des sogenannten Würm-Hochglazials dauerte etwa von – 40000 bis – 20000 Jahren vor heute. Es war keine absolut lebensfeindliche Periode, denn so ziemlich in ihrer Mitte drang der Vorfahr des heutigen „Homo Sapiens", der Aurignac-Mensch nach Europa ein. In der üppigen Tundra, die damals Mitteleuropa beherrschte, fand dieses Jägervolk eine reich von Rentieren, Bären, Lemmingen und anderem Wild belebte Landschaft vor. Wald fand sich nur am Südfuß und in Ausläufern eben noch am Ostsaum der Alpen. Nur die höchsten Gipfel über der oft so deutlich markierten „Schliffgrenze" ragten als schroffe Felsspitzen über die sanft alpenauswärts geneigte Gletscheroberfläche auf. Zwischen Genfer See und Salzach sandte der große alpine Eisschild noch weit ausgebreitete Fächer von Vorlandgletschern nach Norden bis zum Nordrand des Ammersees und vor die Tore Münchens (bei Starnberg-Leutstetten und Hohenschäftlarn).

Gegen Osten hin erreichte jedoch die Eisüberflutung den Gebirgsrand nicht mehr. Der Enns-Gletscher blieb im Gesäuse, der Mur-Gletscher knapp oberhalb Judenburg in Talengen stecken. Der Drau-Gletscher erfüllte wohl noch den Großteil des Klagenfurter Beckens, endete aber doch schon im Jaun-Tal östlich Völkermarkt, und der Save-Gletscher vollends schon bei Radovlijka = Radmannsdorf. Abgesehen von kleinen Lokalvereisungen ähnlich denen der deutschen Mittelgebirge blieb die Osthälfte des in Karte 1 als „Österreichische Alpen" bezeichneten Gebirgsteils in bezug auf das allgemeine Eisstromnetz unvergletschert, während die westlich anschließenden „Bündener und Tiroler Alpen" eine sehr vollständige Eisüberflutung erfuhren. Die Grenze beider Bereiche folgt ungefähr dem Meridian von Linz.

Damit waren die Voraussetzungen dafür gegeben, daß sich das Kaltzeit-Eiszeitalter westlich und östlich dieser Grenze morphologisch ganz anders auswirkte. Der westlich davon gelegene Teil der Ostalpen gehörte in den Hochglazial-Zeiten klimamorphologisch der Gletscherzone, aber in den ebenso langen Frühglazial-Perioden (d. h. in den Zeiten, in denen bei langsamer Herabsenkung der Schneegrenze die Gletscher erst allmählich vorstießen) und dann nochmals in den Kaltstadien des Spätglazials nach dem Haupt-Eiszerfall der „exzessiven Talbildungszone" an. Die Gebirgsteile östlich dieser Grenze standen aber (außer den vereinzelten lokalen Vereisungszentren, deren bedeutendstes sich in den Steiner Alpen fand) während der ganzen, zum Teil annähernd ein Jahrhunderttausend andauernden Eiszeiten – also in der Würmzeit von rund 70000 bis rund 10000 vor heute – dauernd unter dem Einfluß dieser „exzessiven Talbildung" wie gleichzeitig die deutschen Mittelgebirge und wie heute die nicht vergletscherten Polarländer[11].

Die Unterschiede in der Formung waren im Ältest-Pleistozän westlich und östlich der Grenze noch gering. Im Vorland und in minder gehobenen Gebirgsteilen fehlten sie praktisch ganz. Hier war die Zertalung noch flach und führte – noch wenig durchgreifend – in Stufen ins Gebirgsinnere. Dazwischen waren die Altrelief-Reste und Altflächen sämtlicher vorangegangener Reliefgenerationen noch in ausgedehnten Vorkommen vorhanden, von den höchsten des Augenstein-Erbes bis hinab zu den weiten,

[11] Büdel, 1961, die Abtragungsvorgänge auf Spitzbergen. Dt. Geographentag, und 1969: Hang- und Talbildung in Südost-Spitzbergen. Eiszeitalter und Gegenwart, Bd. 20.

damals noch aktiven Fußflächen, auf die alle Täler ausliefen. Nur in den inneren, stärker gehobenen Gebirgsteilen herrschten bereits die engen, gestuften Täler des „tropischen Gebirgsreliefs", wie es heute noch alle höheren Gebirge der Tropen und viele der Subtropen auszeichnet. Diese hohen Inseln stärkeren Steilreliefs waren natürlich westlich des Meridians von Linz größer und häufiger als östlich davon.

Betrachten wir zuerst die Osthälfte. Hier war das Gebirge in den Kaltzeiten zwar weitgehend gletscherfrei, aber auch gänzlich waldfrei, das heißt bis zum Fuß in die Fels- und Frostschuttzone mit dauernd gefrorenem Felsuntergrund (sogenannter „Dauerfrostboden" oder „Permafrost") einbezogen. Das ist, wie unsere speziellen Untersuchungen in Spitzbergen ergaben, der Bereich „exzessiver Talbildung". Eine besonders bedeutende Rolle hierfür ging von der obersten Lage des im ganzen mehrere hundert Meter tief reichenden Dauerfrostbereichs, der „Eisrinde" aus, in der durch häufige Temperatur- und Volumschwankungen im gefrorenen Untergrund das Anstehende völlig zerrüttet wurde. Damit wurde jedes Gestein für die Tieferlegung von Talsohlen weit besser vorpräpariert als in irgendeiner anderen Klimazone der Erde. Wir bezeichnen diese nur im Dauerfrostbereich wirksame Voraussetzung so sehr beschleunigter Talbildung als „Eisrinden-Effekt" (vgl. BÜDEL, Anm. 11). Damit setzte nun überall jene durchgreifende kräftige Zertalung ein, wie wir sie aus den deutschen Mittelgebirgen und dem süddeutschen Schollenland kennen. Das gleiche war in den nichtvergletscherten östlichen Alpengruppen der Fall. Diese Zertalung zerschnitt nun auch die Fußflächen am Gebirgsrand. Die Haupt-Eintiefungsphasen waren dabei jeweils die feuchten Früh-Glazialperioden mit starkem Schneefall, höheren Frühjahrs-Schmelzfluten der Flüsse und lebhafter Solifluktionsabflachung der Hänge. Besonders kennzeichnend sind für diese Entwicklung die Flußtäler, welche die Alpen ostwärts verlassen, ohne an bedeutenderen Gletscherzentren zu wurzeln. Auch die eiszeitliche Donau muß unterhalb des Engtals der Wachau schon mehr zu diesen „nicht glazigenen" Eiszeitflüssen gerechnet werden. Prachtvoll sind von Krems bis Wien und weiter bis zur Porta Hungarica ihre Terrassen von der ältestpleistozänen Laaerbergflur bis zur würmzeitlichen „Praterterrasse" im unteren Marchfeld abgestuft. Während die Frühglazialzeiten vornehmlich die Eintiefung (Tiefenerosion) dieser untereinander geschalteten Eiszeit-Talsohlen brachten, erfolgte im trockenen Hochglazial im wesentlichen nur noch ihre weitere seitliche Ausdehnung („Lateral-Erosion"), denn jetzt überwog die Schuttmenge die Leistungsfähigkeit der abgeschwächten Frühjahrshochwässer. Die kleineren Nachbar- und Nebenflüsse der Donau zeigen im Prinzip das gleiche Bild: die alpinen wie Traisen, Rabnitz, Güns, Raab, Mürz-Mur und Drau ebenso wie die außeralpinen Kamp, March und Waag. An ihnen allen ist aber – wie in allen deutschen Mittelgebirgen – die Tatsache bemerkenswert, daß sie heute mit ihren relativ breiten würmzeitlichen Talsohlen ohne Stufen, sondern mit gleichmäßig-durchhängendem Längsprofil bis ins Herz der Gebirgsgruppen eingreifen[12]. Wie hier die hochgelegenen Reste der ältest- und altpleistozänen Terrassen zeigen, hat sich erst in den wirklich kaltzeitlichen Abschnitten des Eiszeitalters diese tiefe, durchgreifende und mit deutlich gleichsohlig einmündenden Seitentälern weit in die Zwischengebiete ausgreifende Zertalung des Gebirges vollzogen, welche die Altflächen früherer Reliefgenerationen auf die kleinen Areale beschränkte, die wir heute nur noch mit Mühe zu den vergangenen Gesamtbildern des Reliefs zusammenfügen können. Erst mit dem Einzug dieses eigentlichen Eiszeitalters und seiner Kaltphasen wurde die bis dahin tonangebende Flächen-Bildung (und Flächen-Weiterbildung bzw. Erhaltung) durch eine in dichtem Netz das Gesamtgebirge aufgliedernde Zertalung abgelöst, das heißt der Akt der wirklichen Gebirgsbildung zum heutigen Relief abgeschlossen.

Auch im ehemals vergletscherten Teil der Ostalpen vollendete sich jetzt erst der Akt der allgemeinen Zertalung des Gebirges. Aber dies geschah hier in wesentlich anderer

[12] Talstufen und Wasserfälle sind im heute wie ehedem nicht vergletscherten Ostteil der Österreichischen Alpen sehr selten und dann an ganz besondere Ausnahmepunkte geknüpft wie die Mira-Fälle bei Pernitz in Niederösterreich.

Weise. Auch in den inneren Gebirgsgruppen bis hinauf in die Trogtäler etwa der Glockner-Gruppe lassen sich nach SEEFELDNER, PIPPAN und SPÄTH (s. S. 135 ff., dort auch die entsprechenden Literaturzitate) alte Talbodenreste fluvial-nichtglazigener Eintiefungsphasen verfolgen. Sie zeigen sich in fluvial angelegten Terrassen auch im Bereich der sonst glazial ausgeformten Tröge. Dieser Tatbestand ist grundsätzlich, soviel mir bekannt, erstmals von BOBEK für die Zillertaler Alpen nachgewiesen worden[13]. Wir neigen auf Grund der Erfahrungen im heutigen Polargebiet und in den eiszeitlich unvergletschert gebliebenen Gebirgsteilen Mitteleuropas dazu, auch hier diese Eintiefungsphasen nicht in die Interglazialzeiten, sondern in die jeweiligen Früh-Glazialperioden (mit „exzessiver Talbildung" durch den „Eisrinden-Effekt") zu verlegen[14].

Aber diese frühglazialen Eintiefungsphasen waren hier nur eine Nebenwirkung der eiszeitlichen Prägung der Talgestalt. Denn die jeweils darauffolgenden Hochglazialperioden mit dem Vorstoß der Gletscher und schließlich der Erfüllung der gesamten Täler und Tiefenlinien der Alpen durch ein geschlossenes Eisstromnetz verstärkte von Mal zu Mal den (zum Teil schon präglazial angelegten) Stufenbau der Täler in großartiger Weise. Im Gegensatz zu der durch die Schliffgrenze und die Obergrenze der Erratika deutlich markierten, sich langsam und gleichmäßig vom Inneren gegen die Ränder absenkenden Oberfläche des Eisstromnetzes lag sein Untergrund verschieden tief. Diese Ungleichheiten verstärkten sich von einer Eiszeit zur anderen. Aus einst niedrigen Talstufen wurden steile, hohe Felsschwellen[15]. Das geschah besonders an der Einmündung von Seitentälern (mit weniger tiefen Seitengletschern) in die von den mächtigeren, rasch fließenden und entsprechend stark erodierenden großen Eisströmen durchflossenen Haupttäler. Auch wo vorher keine Stufen vorhanden waren, konnten die Gletscher neue entstehen lassen. Auf diesen Stufenbau gerade der obersten, gletschergefurchten Talwurzeln stützt sich auch im Glockner-Gebiet vornehmlich die Anlage der Stauseen zur Kraftgewinnung, deren Wasservorräte durch die rezenten Gletscher gesichert werden. Dazu kam der ganze weitere Schatz von Glazialformen, den wir seit A. PENCK (vgl. Anm. 4) im einzelnen kennen. Die Reste älterer Flachtal-Generationen, besonders des Hochtalsystems wurden zu den bekannten (wenn auch oft ihrerseits mehrteiligen) Trogschultern umgewandelt. Ein weiterer wichtiger Zug des Eiszeitreliefs liegt darin, daß der Gletscherdurchfluß die Täler im Längsverlauf streckt. Von dem Rand der Trogschulter, an dem (oft eben über der Waldgrenze) viele Almhütten stehen, hat man daher über den tiefen Taltrog hinweg einen weiten Blick talauf und talab. Ein alter Liedvers betont trefflich den Vorzug solcher Lage:

„Und auf der Alm, da steht ein Haus,
Das schaut so weit ins Land hinaus."

Viele moderne Schutzhütten an den Bergstationen der die steilen Trogwände überwindenden Lifte und Bergbahnen genießen auch diese Sichtweite. Über der Waldgrenze schweift der Blick dabei ungehemmt über die nun in Kartreppen umgewandelten ältesten und höchsten Stufentalstrecken bis zu den steilen Karrückwänden und den spitzen Pyramiden der „Karlinge", zu denen die ehemals höchsten Inselberge und Inselgebirge, die einst noch die ältesten Rumpfflächen überragten, jetzt allseits zugeschärft wurden. Der Großglockner ist ein hervorragendes Beispiel dieses Typs.

[13] H. BOBEK, 1933: Die Formentwicklung der Zillertaler und Tuxer Alpen. Forsch. z. Dt. Landes- und Volkskunde, Bd. XXX.

[14] In den Interglazialzeiten dürfte in den Trogtälern der Alpen nicht mehr geschehen sein als in der – klimatisch praktisch gleichartigen – Nacheiszeit mit ihrem bis 1600–2000 m und darüber hinaufreichenden dichten Waldkleid: das heißt Durchsägung von Stufen in schmalen Klammen und Zuschüttung der übertieften Becken im Tal-Längsverlauf, aber keine weitere Tieferlegung der gesamten Talsohlen und kein Rückwärtswandern von Stufen. Für solche Wirkungen standen hier aber in den Frühglazialperioden mit feuchtkühlem Klima, Dauerfrostboden und rasch spärlich werdender Vegetation dieselben Voraussetzungen und Zeitspannen zur Verfügung wie in den östlichen, gletscherfreien Gebirgsteilen.

[15] Vgl. H. LOUIS, 1952: Zur Theorie der Gletschererosion in Tälern. Eiszeitalter u. Gegenwart, Bd. 2.

Weit wichtiger für den Menschen war aber eine letzte allgemeine Wirkung des Tiefenschurfes durch das Eisstromnetz. Da es vielfach von einem Teilstück der großen Längstalfluchten zum nächsten, ja schließlich auch über niedrige Kammstellen von einer Talschaft zur anderen – kenntlich am Durchziehen der Schliffgrenze – überfloß, wurden jetzt zahlreiche Pässe der Alpen zugerundet (und dabei mit Rundbuckeln, oft auch kleinen Paßseen versehen), erniedrigt, ja ruckweise – von einem Hochglazial zum nächsten – bis auf das Talniveau niedergeschliffen (Maloja-Paß, Reschen-Scheideck, Toblacher Feld und nahezu auch der Wagrainer Sattel samt vielen anderen). Das erleichterte die Durchgängigkeit gerade der hohen Mittelabschnitte der Alpen: der Schweizer wie der Bündner und Tiroler Alpen für den großen, früher erwähnten Querverkehr ganz ungemein.

Die letzte große Reliefgeneration der Alpen: die des Holozän (der Postglazialzeit, Nacheiszeit oder erdgeschichtlichen Gegenwart) hat diesem Bild nur wenig hinzugefügt. Viele dieser Änderungen vollzogen sich zudem schon unmittelbar nach dem Gletscherrückgang, im Spätglazial. In die Tiefe der des Widerlagers ihrer Eisfüllung nun beraubten Trogtäler rasten Bergstürze. Allmählich wurden Talstufen, besonders die Mündung der Nebentäler, durch Klammen zersägt, die oft in prachtvolle Wasserfälle münden. Unter ihnen und an den Karrückwänden bauten sich Schutthalden (Sturzkegel) auf. In tieferer Lage, bei mehr gleichsohliger Einmündung von Seitentälern schoben sich große Schwemmfächer in die Täler vor. Auf ihnen liegen bevorzugt die großen Talsiedlungen. Sie sind dort vor Hochwasser geschützt und liegen ebenso etwas über dem bei ruhigem Winterwetter im Tiefsten der Haupttäler herabziehenden Kaltluftstrom. Viele Karseen und besonders die Talseen in übertieften Längstalstrecken verlandeten rasch. Das gleiche Schicksal erreichte viele Moränenseen des Vorlands: teils durch Zuschüttung, teils durch Einschneiden der Abflüsse in den stauenden Moränenkranz, wie zwischen Icking und Hohenschäftlarn an der Isar, bei Gars am Inn und bei Nunreut an der Salzach.

Was sonst heute im Gebirge an Formbildung geschieht, ist wieder deutlich klimatisch abgestuft. Die größten Änderungen vollziehen sich laufend im Bereich der heutigen Gletscher, wovon die Beiträge von TOLLNER, PATZELT, PASCHINGER und SLUPETZKY in diesem Band einen Begriff geben. In der Felsschuttzone darunter ist die rezente Weiterbildung von Steinschlagwänden mit anschließenden Schutthalden (Sturzkegeln) besonders verbreitet. In schutterfüllten Nischen können Murgänge wurzeln. Sie können bis in den Waldbereich hinabziehen. Noch weiter reicht hier die Wirkung von Lawinenbahnen. Auf mäßig steilen und sanfteren Hängen der Felsschutt- und Mattenregion können gelegentlich rezente Solifluktionserscheinungen beobachtet werden (über die Existenz eines Dauerfrostbereichs in den Höhen über 3000 m bestehen bis jetzt erst in den Westalpen Untersuchungen). Aber daneben finden sich genügend Stellen, wo etwa eiszeitlich überschliffener, gerundbuckelter Fels noch völlig unverändert vor uns liegt, also auch in dieser Hochzone in der ganzen Nacheiszeit keine irgend nennenswerte Veränderung des Großformenschatzes vor sich ging. Dies Bild wird sofort zum beherrschenden, sowie wir von der Mattenzone in den Waldbereich hinabsteigen. Alle erwähnten Wirkungen rezenter Denudationsvorgänge treten hier stark zurück. Soweit hier noch nackte Felswände auftreten, wird mit minder häufigem Frostwechsel die Steinschlagwirkung (und die Anhäufung von Sturzhalden) geringer. Auf allen Hängen, die flacher sind als ein Grenzwinkel von 27–32° (je nach dem Gestein) sind aber im Waldbereich aus der Eiszeit stammende Schuttdecken noch weithin erhalten: seien es von einem Moränenschleier – des Würm-Hochglazials oder von Rückzugsstadien – durchsetzte westlich, seien es vornehmlich eiszeitlichen Solifluktionsdecken entstammende östlich des Linzer Meridians.

Alle Arten solcher Schuttdecken liegen auf Hängen mit dieser oder geringerer Neigung heute in der Hauptsache unbewegt da. Sie werden nur bei langsam fortschreitender Verwitterung an Ort und Stelle sehr allmählich von den Horizonten der rezenten Waldböden überzogen: vom lückenhaften Rohhumus der feuchten Hochlagen bis zu den mächtigen Steppenböden des Burgenlandes.

Wenn aber in der Waldstufe schon die Böden weithin noch die Reste eines eiszeitlichen Schuttskeletts bergen, wie wenig müssen sich dann in dieser Stufe die Formen des unterliegenden Anstehenden selbst verändert haben! So zeigt hier das Gebirge sowohl westlich wie östlich der genannten Grenze in den Großformen des Reliefs zu 90–95% noch die Züge, die ihm – unter teilweiser Erhaltung der Spuren älterer Reliefgenerationen – die Würmkaltzeit in den beiden Varianten der Gletscherzone und der exzessiven Talbildungszone aufgeprägt hat.

## D. Die Lage der Glockner-Gruppe

In dem so in drei Hauptakten und im letzten: der exogenen Ausformung in zahlreichen Reliefgenerationen entstandenen Hochgebirge liegt die Glockner-Gruppe an einer bemerkenswerten Stelle (Karte 1). Dies zeigt sich, wenn wir zum eben besprochenen Werdegang der Höhengliederung jetzt die horizontale Aufteilung in einzelne Gebirgsteile und Gebirgsgruppen hinzufügen. Was hier jeder Atlas, jedes Kartenblatt im einzelnen zeigt, suchen wir in größere Glieder besonderer Eigenart zusammenzufassen.

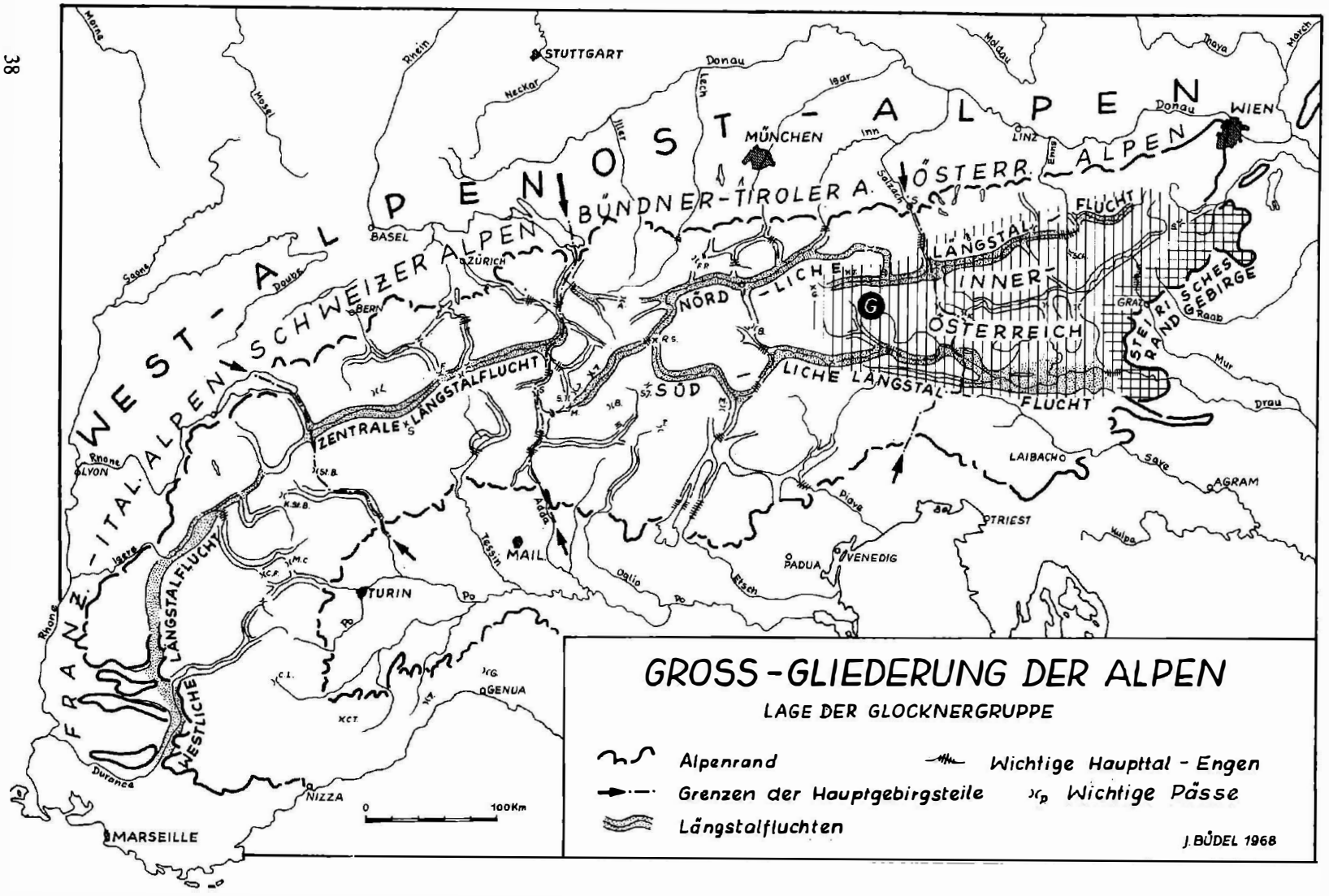
Allbekannt ist die Zweiteilung des Gebirges in Ost- und Westalpen. Die hier seit alters als Trennungsnaht angesehene „Splügen-Linie" vom Comer See zum Bodensee über Splügen-Paß, Via mala und Domleschg ist voll berechtigt (Karte 1). Die Westalpen sind höher und schmäler, im ganzen nur rund 150 km breit. Das Glied der Südalpen fehlt fast ganz (ist eben hart westlich des Comer Sees noch rudimentär entwickelt, um weiter westwärts dann ganz zu verschwinden). Auch das Glied der nördlichen Kalkalpen wird in den Schweizer Alpen schmäler. Es gibt hier nur noch eine große zentrale Längstalflucht, die unter diesen Umständen die Schweizer Zentralalpen der Länge nach spaltet: in die schmalen, aber besonders stark vergletscherten Berner Alpen und die viel breiteren und höheren Walliser (und die östlich anschließenden Tessiner) Alpen. Vom berühmten Rhône-Knie bei Martigny aus setzt sich diese große Furche über die Täler von Chamonix, das Graisivaudan (mit Grenoble) und das Tal der mittleren Durance als westliche Längstalflucht in die Französischen Alpen fort, ist dabei aber abseits der nun auf den Ostteil beschränkten Zentralalpen deutlich nach Westen verschoben.

Die Schweizer zentrale Längstalflucht (von W nach O: Rheintal, Urserental, Vorderrheintal) endet bei Chur recht abrupt in der Splügen-Linie, das heißt hier an der großen Querfurche des vereinigten Alpenrheins. Das östlich anschließende besonders vielfältig verschlungene Talgeflecht der Vorarlberger, Bündner und Bergamasker Alpen (in Karte 1 kurz als Bündner Alpen bezeichnet) wurde in seinem zentralen Teil mit den so überaus geschlossenen Talschaften des Bergell, Puschlav, Veltlin, Engadin, Oberhalbstein, Domleschg, Schanfigg, Prätigau usw. der Kern des zeitweilig weit über seine Größe bedeutenden dreisprachigen Paßstaates Graubünden, der lange Zeit der Eidgenossenschaft als „zugewandter Ort" nur lose verbunden war.

Schon im Meridianfeld der Bündner Alpen besteht in den Bergamasker Alpen eine südliche Kalkalpenzone. Noch westlich der Etsch erweitert sie sich längs der Judikarienfurche stark nach N. Zugleich gewinnen die Alpen längs der Brenner-Linie (Kochelsee – Mittenwald – Innsbruck – Bozen – Verona) ihre größte Breite von 250 km. Die Inntal-Enge von Finstermünz, die seit alters das Engadin und damit das Bündner Land von Tirol trennt, ist zugleich der Ausgangspunkt der großen nördlichen und südlichen Längstalflucht, die von nun an den Ostalpen ihre klassische Dreiteilung bringen. Von hier an trennt die nördliche Längstalflucht (Inntal – Pinzgau – Ennstal) die Zentralalpen von den nördlichen Kalkalpen.

Ebenso trennt von Brixen an ostwärts die südliche Längstalflucht (Pustertal – Drautal – Klagenfurter Becken) die Zentralalpen von den südlichen Kalkalpen und Dolomiten.

In dieser großen Dreiteilung durch die beiden Längstalfluchten ähneln sich Tiroler und Österreichische Alpen. Dennoch vollzieht sich innerhalb der Ostalpen an einer


WEST-ALPEN
ITAL. ALPEN
SCHWEIZER ALPEN
BÜNDNER-TIROLER A.
OST-ALPEN
ÖSTERR. ALPEN
NÖRDLICHE LÄNGSTALFLUCHT
SÜDLICHE LÄNGSTALFLUCHT
ZENTRALE LÄNGSTALFLUCHT
LÄNGSTALFLUCHT
WESTLICHE LÄNGSTALFLUCHT
INNERÖSTERREICH
STEIRISCHES RANDGEBIRGE
FRANZ.
STUTTGART
MÜNCHEN
WIEN
LINZ
BASEL
ZÜRICH
BERN
LYON
TURIN
MAIL
PADUA
VENEDIG
TRIEST
LAIBACHO
AGRAM
GENUA
NIZZA
MARSEILLE
Rhein
Donau
Mosel
Neckar
Lech
Inn
Salzach
Enns
Mur
Drau
Save
Po
Adda
Tessin
Oglio
Etsch
Piave
Isère
Durance
0
100Km
GROSS-GLIEDERUNG DER ALPEN
LAGE DER GLOCKNERGRUPPE
Alpenrand
Grenzen der Hauptgebirgsteile
Längstalfluchten
Wichtige Haupttal-Engen
Wichtige Pässe
J. BÜDEL 1968

neuen, etwa meridionalen Grenzlinie, die man (s. Karte 1) von Salzburg etwa über den Tauern- und Katschberg-Paß nach Spittal und Tarvis ziehen mag, nochmals eine merkbare Wandlung. Das Gebirge erfährt hier eine neue Einengung auf nur 175 km Breite. Östlich davon, in den eigentlichen „Österreichischen Alpen" klaffen nun die nördlichen und die südlichen Kalkalpen mit den sie begleitenden Längstalfluchten leicht nach NNO und SSO auseinander. Die zwischenliegenden Zentralalpen nehmen dementsprechend ostwärts an Breite zu. Zugleich sinken sie von dieser Linie an nunmehr gegen die Kalkalpen zurück. Der Hochgolling als höchster Punkt der Niederen Tauern wird mit seinen 2863 m Höhe vom Triglav in den Julischen Alpen schon erreicht und vom Dachstein mit 2998 m in den nördlichen Kalkalpen übertroffen. Sind schon die Tiroler Alpen weit waldreicher als die sehr waldarmen Westalpen in all ihren Teilen, so werden die „Österreichischen Alpen" (östlich der Linie Salzburg – Tarvis) vollends ein riesiger, weithin geschlossener Waldbereich. Es sei daran erinnert, daß dieses rasch niedriger werdende Waldgebirge ungefähr östlich des Meridians von Linz auch von der eiszeitlichen Vergletscherung frei blieb. Aber es kommt noch ein weiteres hinzu.

Schon westlich der Linie Salzburg – Tarvis und je weiter ostwärts um so mehr gewinnen die Alpen neben der nördlichen und südlichen eine dritte östliche Abdachung, die mit den Flüssen Leitha, Raab, Mürz-Mur, Drau und Save zum Ungarischen Tiefland hin gerichtet ist. Das steierische Randgebirge schließt hier die Alpen noch durch einen besonderen Grenzwall ab, den Mur und Drau in Durchbrüchen überwinden. So liegt hier innerhalb der Alpen ein großes allseitig leicht abgeschlossenes Dreieck von Tälern und Becken vor, dessen Eckpunkte etwa der Großvenediger im W, der Semmering-Paß im NO und die Enge von Unterdrauburg im SO ist. Seit alters wird dieses Gebiet sehr sprechend als „Innerösterreich" bezeichnet (s. Karte 1). Man rechnet ihm wohl zweckmäßig im W noch den salzburgischen Pinzgau zu, wie wir es in Karte 1 getan haben.

So gesehen reicht Innerösterreich noch ein gutes Stück in die Tiroler Zentralalpen hinein (bis zum Großvenediger). Die Glockner-Gruppe bildet dabei einerseits den höchsten und östlichsten noch stark vergletscherten Teil der Tiroler Zentralalpen. Andererseits ist sie aber auch die westliche höchste Gebirgsgruppe des geschlossenen Dreiecks Innerösterreichs. Sie ist damit ein Gipfelpunkt an der Grenze der beiden Alpenteile: des tirolischen und des innerösterreichischen, die seit vielen Jahrhunderten gemeinsam den Kern des Staatsgebietes „Österreich" ausmachen. Rings um diesen Kern Innerösterreichs legen sich auch heute noch die dichter besiedelten Flachlandgaue dieses Staates, die seine Wirtschaftskraft vornehmlich tragen: das österreichische Alpenvorland, das Weinviertel und das Wiener Becken, das Burgenland und das Steirische Hügelland.

### E. Wildheit der Höhen und Vollkultur der Täler

Mit dem Vorstehenden ist jedoch die Lage der Glockner-Gruppe noch nicht vollständig, allenfalls naturgeographisch bezeichnet. Kulturgeographisch steht sie genau an der Grenze der beiden Räume, die das deutschsprachige Österreich seit 1500 Jahren zweiteilen: dem westlichen bajuwarischen (in Vorarlberg schwäbisch-alemannischen) Altsiedlungsland, das schon am Ende der Völkerwanderungszeit zwischen 500 und 700 n. Chr. von den heutigen Stämmen eingenommen wurde und dem baierisch-fränkischen Neusiedlungsland, das erst im Laufe des frühen und des Hochmittelalters sowie durch spätere Rodungen und Ergänzungsschübe besiedelt und allmählich eingedeutscht wurde. Diese Grenze zwischen Alt- und Neusiedlungsland ist heute noch deutlich im Bild der Kulturlandschaft zu erkennen. Sie verläuft etwa längs einer die Ostalpen schräg durchlaufenden Linie, welche die vom baierischen Herzog Tassilo um 770 gegründeten Kolonisationsklöster Innichen (Toblacher Feld) und Kremsmünster (südlich Linz) verbindet. Diese Linie fällt wieder annähernd mit der Westgrenze Innerösterreichs zusammen. Sie führt, legt man das Lineal an diese beiden Klosterzentren, fast haargenau über den Großglockner. Östlich davon liegt das große Waldland – auch Roseggers

„Waldheimat" –, in dem Mittelgebirgscharakter vorherrscht. Die bäuerliche Hausform Innerösterreichs ist dabei immer noch der auf vorbaierische Traditionen (die Landbesetzung durch die Baiern war wesentlich eine friedliche Christianisierung!) zurückgehende karantanische Haufenhof, bei dem ein recht kleines, meist nur anderthalbstöckiges, mit halbsteilem schindelgedecktem Walmdach gedecktes Wohnhaus von mehreren anderen Kleingebäuden: Scheunen, Ställen, Vorratskammern, Altenteilerwohnung usw. in richtungslosem, allenfalls der Hangform angepaßtem Gemenge umgeben ist.

Stark im Gegensatz dazu steht der Bauernhaustyp des Altsiedlungslandes: das Vorarlberg und ganz Tirol (mit dem benachbarten Altbayern) und in geringer Abwandlung (als „Paarhof") auch Salzburg, Oberösterreich bis zur Traun und die westlichsten Täler Kärntens umfaßt. Der Kern des Hofes ist hier ein oft fast übergroß wirkendes Einheitshaus, das eine Fülle von Wohnräumen und Schlafkammern, Stall und Scheune unter einem riesigen, allseits weit überkragenden Pfettendach vereinigt. In vielen Teilen von Südbayern, Tirol und Salzburg wird dieser regelmäßig drei-, manchmal sogar vierstöckige Hausriese von ein oder zwei umlaufenden Balkonen geziert und vom Mittagsglöcklein überragt. Die Abhänglinge von den Giebelpfetten, die Balkongitter und oft auch das Balkenwerk des Holzgiebels sind mit reichem barockem Schnitzwerk versehen. Bemalung der häufig frisch geweißten Hauswand ist nicht selten, und ein reicher Blumenschmuck grüßt von den Altanen. Diese Zier fehlt auch dem kleineren Wohnhaus des karantanischen Haufenhofes selten.

Wir sprachen oben vom Reichtum des Tiroler (wie des Bündner und Innerschweizer) Paßstaates im Mittelalter, als der Weltverkehr über die vom Eis niedergeschliffenen Pässe der Schweizer und Tiroler und zum Teil auch noch der Österreichischen Alpen zog und der Bergsegen Tirols wie der – heute noch blühende – der Steiermark sprichwörtlich war. Als der Welthandel zwischen Tropen und Außertropen nach der Entdeckung der Seewege nach Ost- und Westindien andere Bahnen einschlug, als Venedig zurückging und die Städte der orientalischen Landbrücke in Armut und Elend versanken, hat der Alpenquerverkehr über diese Pässe dennoch viel von der alten Bedeutung bewahrt. Denn nun waren die Niederlande, die Rheinlande, die Schweiz, Süddeutschland, die österreichischen Flachgaue und Böhmen auf der einen wie die Po-Ebene auf der anderen Seite selbst längst zu den höchstentwickelten und am dichtesten besiedelten Strichen des Erdteils geworden. Nur waren es jetzt mehr die Produkte Italiens und Deutschlands selbst, die ausgetauscht wurden. Von nördlicher Seite waren es bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts Geräte aller Art, Wolle, Leinen und Barchent, von italienischer Seite vor allem Seide und Wein, wie ihn das Salzburger Volkslied nennt:

Mei Schatz is a Fuhrmann,
A Fuhrmann muaß sein;
Er fahrt ja ins Welschland
Um an wälischen Wein!

Seit dem Beginn des Eisenbahnzeitalters (Semmering-Bahn 1854, Gotthard-Tunnel 1882, Brenner-Bahn 1887, Simplon-Tunnel 1906, Tauern-Tunnel 1908) vervielfältigte sich bis heute der Austausch von Industriewaren und nicht zuletzt der Fremdenverkehr von N nach S immer mehr (vgl. auch G. Müller in diesem Band S. 49ff.).

Zur wirtschaftlichen Entwicklung kam die politische. Für die Schweiz erhöhte die Freiheitsblüte des Bürger- und Bauerntums das wirtschaftliche Erstarken der Eidgenossenschaft. Wien wurde im Habsburger Reich bis 1918 ein immer stärkeres Anziehungszentrum. Für Tirol kamen verschiedene Ereignisse zusammen, die seine weitere Blüte sicherten. Das erste war das „Land-Libell" von 1511, welches besagt, daß die Tiroler ihr Land selbst verteidigen, aber zu Kriegen außer Landes nicht herangezogen werden sollten. Es hat sich vielfach bewährt, und so läßt auch Schiller den Tiroler Scharfschützen im Wallenstein mit Stolz sagen: „Der Tiroler dient nur dem Landesherren", eine wichtige Sonderstellung in Zeiten des Landsknechtstums und der allgemeinen

Fürstenherrschaft. Das zweite war, daß Tirol (wie der Großteil der Schweiz und Altbayerns und fast die ganzen innerösterreichischen Lande) vom Dreißigjährigen Krieg und den nachfolgenden Franzosen- und Türkenkriegen, die einerseits das übrige Süddeutschland, andererseits die östlichen Flachlandsgaue Österreichs so verheerten, verschont blieb. So griff nach den siegreichen Türkenkriegen in Oberbayern, Tirol, Salzburg und Oberösterreich ein Aufschwung des bäuerlichen wie des städtischen Lebens um sich, der als ein Phänomen in der Kulturgeschichte Europas bis heute nachwirkt. Wohl waren religiöse Gründe mit der Anlaß: die „Ecclesia triumphans", die in der Gegenreformation wie über die Türken weithin „triumphierende Kirche", deren Kern in Mitteleuropa Bayern und Österreich waren. Aber es müssen wirtschaftliche und vor allem unwägbare geistige Gründe dazu gekommen sein, um diesen Aufschwung zu erklären. Er fand vor allem in der Kunst des Barock und des Rokoko seinen äußeren, sichtbaren Ausdruck. Wohl waren dessen Grundformen von der italienischen Renaissance angeregt. Aber daß diese Kunstbewegung erst 200 Jahre später nördlich der Alpen plötzlich einen so neuen, mit eigenständigen Elementen durchsetzten Blütenzweig hervorbrachte, ist höchst erstaunlich und alles andere als einseitige Entlehnung. Es kommt aber noch etwas weiteres, in unserem Zusammenhang sehr Wesentliches, hinzu. In anderen katholischen (und selbst evangelischen) Gegenden: in Norddeutschland, im Rheinland, in Franken und selbst in Nieder- und Innerösterreich bis tief nach Ungarn und Siebenbürgen hinein waren Barock und Rokoko eine Sache der Kirche, der Fürsten, des Adels, das heißt der oberen Stände, die ihre Gotteshäuser, Klöster und Abteien, ihre Herrensitze, Lustschlösser und Ziergärten von Köln bis Wien und darüber hinaus nach demselben Muster (und oft von denselben hochbegabten Baumeistern) anlegen ließen. Es war die Welt der zierlichen Kavaliere und der Damen mit Reifröcken. Aber nur in den altbaierischen Ländern: in Oberbayern und dem Westen Oberösterreichs, in Salzburg und vor allem in Tirol hat diese Bewegung das ganze Volk in allen Schichten bis in die Tiefe erfaßt. Jeder Bauernhof gibt Zeugnis darüber, und oft zeigt noch der einfachste Heustadel einen Abglanz davon. Die prächtigen, reichgeschmückten Bauernhäuser des bajuwarischen Altsiedlungslandes erhielten – wiewohl auf älterer, schon reicher Grundlage aufbauend – erst damals die geschilderte volle Pracht, die wir heute noch bewundern und die in Europa kaum ein Seitenstück findet[16]. Das ganze Land trägt noch heute die Züge dieser tiefgreifenden Kunstbegeisterung, auch im bayerischen Alpenvorland. Es ist schon oft gesagt worden, daß dies ganze Land, in dem jede Kapelle, jede einzelstehende Linde mit architektonisch fühlsamer Hand an die richtige Stelle gesetzt zu sein scheint, einem einzigen großen Park gliche. Im bäuerlichen Bereich tragen die Tiroler Städte von Bozen bis Kufstein und die altbairischen Märkte östlich des Lech bis über Salzburg hinaus in ihrer gedrängteren Siedlungsform genau dasselbe Gepräge.

Aber das Wichtigste: dies alles ist nicht nur Vergangenheit, „versunken und vergessen": es wird heute lebendig gepflegt, und selbst die modernen Landhäuser passen sich – wenigstens äußerlich – diesem Stil an.

So sind die Täler der Vorarlberger und Tiroler, der Bayerischen und Salzburger Alpen nicht nur von der vollen europäischen Kulturlandschaft, sondern sogar von den Zeugnissen einer besonders geschlossenen Hochblüte dieser Kultur erfüllt. Die Abtretung Südtirols wirkt in diesem Zusammenhang besonders schmerzlich. Und von diesen geschmückten Tälern steigt man in wenigen Stunden in urweltliche Einsamkeit: durch weite Wälder bis zu deren Höhengrenze und dann über die Almregion der Matten und die höchsten Schutthalden und Wände bis zur vollständigen Verlassenheit der Gletscher und Hochgipfel empor. Dieser Gegensatz ist der wahre Reiz des Alpenerlebnisses, den kein anderes Gebirge der Welt auch nur annähernd bietet. Nirgends sonst als im deutschsprachigen Hochgebirge westlich der Glockner-Gruppe tritt die Vollkultur der Täler und der wilde Urstand des Eisgebirges in seiner ganzen Spannungsweite vor unsere Augen.

[16] Es sei denn in manchen Schweizer Haustypen und ehedem im Egerländer Haus. Die vereinzelt noch erhaltenen prachtvollen alten Bauernhäuser Niedersachsens und Frieslands sind heute mehr Museumsstücke als lebendig weitergepflegte Überlieferung.

## F. Die europäische Leistung des Alpenvereins in hundert Jahren

Die Wildheit der Hochgebirgsnatur war für die Menschen lange abschreckend. Indessen: solange eine autarke, im wesentlichen auf Selbstversorgung gerichtete Landwirtschaft die Masse des Volkes trug, war jeder dem Urland abgerungene Kulturboden ein Gewinn. So drang schon die rätoromanische, dann die deutsche Bauernsiedlung bis an die Obergrenze des Getreidebaus und der Almwirtschaft auch in die Hochtäler vor (vgl. den Beitrag von G. KOLAR in diesem Band, S. 69 ff.). Bekannt sind die Siedlungsrückgänge zwischen 1400 und 1600, denen sich spätere Perioden beigesellten. In den letzten hundert Jahren machte die Gebirgsentvölkerung rasche Fortschritte. Almen wurden aufgegeben, hochgelegene Dauerhöfe in Almen verwandelt. Fremdenverkehr und Industrie ziehen die Bevölkerung zunehmend in die Täler hinab (ja von außen dort hinein), während die Besiedlung der Höhen an der Klima- und Bodengrenze ertragreicher Landwirtschaft fast überall zurückgeht. Dies um so mehr, je härter das Leben der Bergbauern und je reicher und sicherer die Lebenshaltung des Industriearbeiters, des Hotel-, Bank- und Büroangestellten wird.

Liegt hier ein fortschreitend negativer Zug im Verhältnis von Mensch und Hochgebirge vor, so hat sich ein anderer in den letzten 200 Jahren rasch positiv erweitert. Seit dem Altertum bis an die Schwelle der Neuzeit kannte der mit seinem Fuhrpark an kostbaren Waren über den Splügen, den Brenner oder den Radstädter Tauern ziehende Kaufmann, der Kaiser an der Spitze seiner Ritter mit ihrem umfassenden Troß, kannten die Söldnerhaufen, Verwaltungsbeamten und Diplomaten, die Rompilger, die Studenten und endlich die „Fahrenden" aller Art die Alpen und die „Eisgebirge" nur als schreckliches Hindernis. Plötzlich einbrechender Schneesturm, Nebel, mangelnder Vorspann, gestürzte Pferde, gebrochene Achsen, vom Wildbach abgespülte oder vermurte Straßen, die Lawine und der Sturz in den Abgrund – davor hatte noch GOETHE in seiner Postkutsche Respekt, wenn er seiner ersten Alpenüberquerung (1786) zur italienischen Reise (über den Brenner) mit dem Vers gedenkt:

> Kennst du den Berg und seinen Wolkensteg?
> Das Maultier sucht im Nebel seinen Weg
> In Höhlen wohnt der Drachen alte Brut,
> Es stürzt der Fels und über ihn die Flut.

Man sieht das Wipptal oder die alte Straße vom Brenner nach Sterzing hinunter leibhaftig vor Augen. Man kann den Wandel der menschlichen Empfindungen gegenüber dem Hochgebirge vom baren Schrecken zum andächtigen Staunen, zur bewundernden Betrachtung und endlich zur tiefen Sehnsucht nach seinen „reinen Höhen" sicher einigermaßen an der Geschichte der Landschaftsmalerei in den Alpen ablesen. Sie beginnt mit dem Aufkeimen der Renaissancezeit. Schon DÜRER war nach Italien gezogen, aber in seinen Bildern wie auch in ALTDORFERS großartiger „Alexanderschlacht" bildet das zackige Hochgebirge nur Staffage. A. VON HALLERS Lehrgedicht „Die Alpen" (1729) und vor allem ROUSSEAU'S 1761 erschienener Briefroman „Die neue Heloise" mit der Schilderung der Schweizer Seen- und Alpenlandschaft machten das Hochgebirge in der Mitte Europas plötzlich „an sich" interessant und gewissermaßen im Geistesleben des Erdteils hoffähig. Und wenn ROUSSEAU's Nachbeter „zurück zur Natur" strebten, wo hätte sich ein besserer Anhaltspunkt gefunden als in der unberührten Welt des Hochgebirges und der treuherzigen Biederkeit seiner Bewohner, die auch SCHILLERS „Tell" erfüllt? Dabei erstieg schon 1787 (also ein Jahr nach Goethes Alpenquerfahrt) SAUSSURE den Montblanc. In den Ostalpen gelang nach zwei vergeblichen Versuchen einer 62köpfigen Expedition des Fürstbischofs von Gurk im Jahre 1800 die erste Besteigung des Großglockners. Es war die erste Ersteigung eines voll vergletscherten Hochgipfels in den Ostalpen (vgl. Seite 9). Erst 1820 wurde die Zugspitze, 1832 der Dachstein, 1841 der Großvenediger und 1865 das Matterhorn „bezwungen".

In dieser ersten Pionierperiode des Alpinismus beginnt mit dem Tiroler Häuslersohn J. A. KOCH die deutsche Landschaftsmalerei nicht zufällig mit der bewußten der Alpen. KOCH betrieb schon 1793/94 in der Schweiz eifrig Alpenstudien. Danach entstanden – zum Teil in Italien – die ersten großartigen Alpenbilder von seiner Hand, so 1824 „Das Reichenbachtal mit dem Wetterhorn". Liegt in diesem Bild noch viel barocke Idealität, so fand die Gebirgs-Landschaftsmalerei über FOHR, KOBELL, ROTTMANN, FRIES, WALDMÜLLER und SCHIRMER bis etwa 1850 bald zu einer faszinierenden realistischen Darstellung, in welcher der Gegenstand noch über den Eindruck, nicht dieser über jenen siegte, wie bei den späteren Impressionisten, etwa auf den Bildern von CÉZANNE, HODLER und CORINTH, die im ersten Viertel dieses Jahrhunderts entstanden (während eine verbindende Tradition in den Bildern von H. THOMA, HAIDER, BALWÉ und anderen weiterlebt).

In die Mitte zwischen diese beiden Perioden der Landschaftsmalerei fällt die Gründung der beiden Alpenvereine 1862 und 1869, deren wir eingangs gedachten. Die Freude an den Schönheiten der unberührten Bergwelt, der sportliche Ehrgeiz zur Überwindung der Schwierigkeiten, die Sehnsucht nach dem – auch innerlichen – Emporsteigen über die immer enger werdende, immer mehr verstädterte und die Persönlichkeit ihres Eigenwerts entkleidende moderne Industriegesellschaft, nicht zuletzt aber das Erlebnis der Bergkameradschaft und die Berührung mit den altväterlichen Sitten, die damals noch alle Alpentäler beherrschten – das alles waren in vielfältiger Wechselbeziehung die Antriebe, die damals dem „Alpinismus" eine wachsende Zahl begeisterter Anhänger zuführten. Im Hüttenbau, in der Erstellung und Markierung eines alpinen Wegenetzes, in der Ausbildung von Bergführern und der Förderung des Bergrettungswesens, in der Gewinnung und Erhaltung von Naturparken, ferner in der Herausgabe der hervorragenden, zum Teil in der kartographisch-geodätischen Wissenschaft bahnbrechenden „Alpenvereinskarten" nebst vorzüglichen Karten anderer Hochgebirge (so H. KINZLS beispielhaften Karten aus den peruanischen Hochkordilleren), endlich in seinen Jahrbüchern und seinen Schriftenreihen können der Deutsche wie der Österreichische Alpenverein in diesen 100 Jahren auf eine Leistung zurückblicken, die wahrhaftig nicht nur ihrer immer steigenden Mitgliederzahl (zur Zeit in Deutschland und Österreich rund 400000) zugute kam.

Denn in Wahrheit reichte diese Wirkung, die viele Generationen von Alpenvereinsmitgliedern, Sektionsvorständen und weiteren Mitarbeitern oft unter großen Opfern geleistet haben, weit über den Kreis dieser Vereine hinaus. Von vielen anderen seien nur drei dieser Ausstrahlungen genannt.

Die erste ist die Voraussetzung der wissenschaftlichen Erforschung der Alpen, die ohne die Wege und Hütten, die geschulten Bergführer und vor allem die ausgezeichneten Karten, nicht das am besten erforschte Hochgebirge der Erde und nicht zum einmalig schönen Muster der Hochgebirgsforschung in aller Welt hätten werden können. Das gilt von dem oben geschilderten Werdegang der Alpen in allen drei großen Akten. Ohne die Vorarbeit der Alpenvereine hätten HEIM und STAUB, PENCK und BRÜCKNER, SIMONY, KOBER und SÖLCH – um nur einige der bekanntesten älteren Vertreter der alpinen Krusten- und Relief-Geschichte zu nennen – ihre Arbeiten niemals so rasch und sicher durchführen können, wie es wirklich geschah. Das gilt ferner für die biologischen Wissenschaften, vor allem die Pflanzengeographie, sowie für die Bodenkunde. Sie alle konnten an der raschen Abstufung der Höhenzonen in den Alpen und deren Verschiebungen in historischer Zeit, sowie an den Eiszeitrelikten von Flora und Fauna in den Höhenregionen hervorragende Ergebnisse schöpfen. Das gilt weiter von der klimatischen Buntheit der Alpen; ganz besonders aber von der Gletscherforschung, die sich in den Alpen vor allem an Namen wie FINSTERWALDER und HESS knüpft. Sie gewann dort jene ersten großen Erfolge, deren weiter ausgebaute Methoden heute im „Internationalen Geophysikalischen Jahr" und seinen Nachfolgeuntersuchungen von der Antarktis bis Grönland und Spitzbergen die ganze Welt umspannen. Sind doch nach HOINKES 97% des Süßwassers der Erde in Gletschern und Inlandeismassen konserviert, während nur 3% in Bächen, Flüssen, Seen und Grundwasser uns in flüssiger Form

unmittelbar zur Verfügung stehen. Schmölze alles Eis der Erde, so würde das Weltmeer um rund 70 m steigen und alle Tiefländer bis zur Spitze des Flaggenmastes auf dem Bonner Bundeshaus überfluten. Alle die genannten Wissenschaften aber haben durch einen auf das Glockner-Gebiet bezogenen Beitrag ihren Dank für diese Vorarbeit und dazu für viele großzügige direkte Finanzhilfe dem Alpenverein in diesem Jahrhundertband ein wenig abzustatten sich bemüht.

Das zweite allgemeine Verdienst ist eine gewisse Auspendelung des Siedlungsschwundes der Einheimischen aus den Hochregionen der Ostalpen und vor allem der zerstörenden Nachfolgewirkungen dieser „Gebirgsentvölkerung". Wo Almen verschwanden, wurden Schutzhütten erbaut, die noch näher an die Schneegrenze vordringen. Die Pfade zwischen den Hütten wie zwischen und über diesen bis zu den höchsten Kletterrouten sind nicht verlassen, sondern von Bergsteigern und Bergfreunden aller Art belebt. Seit der Ausbreitung des Skisports geschah dies weitgehend auch im Winter. Wie trostlos hat sich die Ausmordung der Bannwälder, die Hangzerschlitzung durch Wildwasser, haben sich die Zerstörungen durch Murgänge und Lawinen in anderen Hochgebirgen der Erde ausgewirkt, wo kein solcher organisierter Stamm von Bergfreunden dafür sorgte, daß das Verlassen der Hochregionen durch Bauern und Hirten nicht zugleich das Ende aller Schutzmaßnahmen für die durch menschlichen Raubbau gefährdete Natur bedeutete! Der Dezimierung der alpenländischen Pflanzen- und Tierwelt kann jetzt sogar oft besser begegnet werden. Wenn der alte Bergbau der Alpen – außer auf Salze, Eisen, Magnesit, für Bausteine und Zementwerke – auch fast erloschen ist (vgl. W. KOLAR in diesem Band, S. 71), so wird doch ein neuer Schatz in den Hochregionen mit allem Nachdruck erschlossen: die gefällsreichen Wildflüsse und vor allem die Wasserreserven unserer Gletscher. Die Alpenvereine sprechen sehr hörbar mit, daß diese neue Nutzung des Gebirges, die in ihren Wirkungen weit über dieses hinausgreift, so geschieht, daß sie sich seiner Natur für ihren Kräftehaushalt wie für das genießende Auge harmonisch einfügt. Was die Alpenvereine hier in Zusammenarbeit mit anderen Organisationen: Forstverwaltung, Straßenbau, Lawinen- und Wildbachschutz leisten, wird gekrönt durch die Anlage von Naturparken, wie vor allem dem großen um den Großglockner und vielen kleineren. Mit Nachdruck sollte man den Plan eines großen Dreiländer-Naturschutzgebietes an der Ecke von Österreich, Italien-Südtirol und der Schweiz um Reschen-Scheideck, Stilfser Joch und Ofen-Paß verfolgen, wozu im dortigen Schweizer Nationalpark schon ein Ansatzpunkt vorliegt. Wenn Rehe und Gamswild, Steinbock und Murmeltiere wieder zahlreich vorhanden sind, fänden auch Bär, Adler und Kolkrabe wieder ihre natürliche Beute und brauchten sich nicht an den Herden der armen Bergbauern zu vergreifen, um dafür ausgerottet zu werden. Aber nur ein genügend großer Naturpark verspricht das Wiedereinspielen des ursprünglichen biologischen Gleichgewichts. In diesem Punkt sind die amerikanischen Nationalparks vorbildlich. Durch solche Parks geht dann auch nur eine hohe Autostraße zu einem oder zwei Hotels. Das ist für solche Anlagen für Menschen und Tiere gleich gut. Aber auch abseits solcher Schutzparke (wo das berechtigt und richtig ist) sind sämtliche Glieder und Gruppen selbst des Felsengebirges im sonst dicht besiedelten Nordamerika verlassene Einöden, seitdem die indianischen Jäger samt den Wildherden, denen sie folgten, ausgerottet sind. Überall finden sich dort jetzt nur ganz wenig Autostraßen mit einzelnen Hotels, von denen aus man mit dem Fernrohr die bezauberndsten Hochgebirgsbilder: Gipfel und Wände, gestufte Kare, verträumte Seen und vielgestaltige Täler mit allen Abstufungen des Pflanzenkleides betrachten kann. Doch kein Mensch käme hier auf die Idee, mit Rucksack, Wetterschutz und auf Profilsohlen (sei es mit oder ohne Kletterseil) die Autostraße zu verlassen. Kein einziger Pfad, kein Wegweiser führt in diese Wildnis. Kaum haben die nächsten Gipfel und Seen noch Namen, und von Schutzhütten in unserem Sinne ist nichts vorhanden, wenn man von den wenigen ganz isolierten Touristenzentren absieht.

Das führt zum dritten und größten allgemeinen Verdienst der Alpenvereine um die Öffentlichkeit, für das ganze Volk in Deutschland und Österreich. Viele alte Bergfreunde stöhnen über den Massentourismus, der besonders seit dem Zweiten Weltkrieg

sich sommerlich und winterlich gleich einem Heerzug in die Berge ergießt: über die vielen neuen Bergbahnen und Skilifte, die sich wie ein Netz über einst einsame Gipfel spinnen, über die Umwandlung vordem heimeliger Alpendörfer in Touristensiedlungen und den moderne Aprés-Ski-Budenzauber der die alten Hüttengemütlichkeit abgelöst hat, wo man als Städter mit Jägern, Holzknechten und Sennen zusammensaß und von ihnen neue Lieder und Jodler lernen konnte, die noch in keinem „Büchel" standen. Es kann einem manches an diesem hektischen Betrieb und an der oft dahintersteckenden geschäftlichen Gewinnsucht ärgern. Aber man vergesse nicht, daß er auch eine Menge Einheimischer, die sonst die Berge längst verlassen hätten, noch dort hält. Im ganzen muß es einem doch freuen, daß die Alpenvereine auch diesem allem den Weg gebahnt haben – und einsame Pfade durch Wald und Wände, über Grate und Gletscher für den echten Bergfreund und die echte Bergfreundin (das ist immer gerade sie oder er, der diese Zeilen eben liest!) gibt es in den weiten Alpen immer noch genug.

Denn: was suchen alle diese Bergbahnstürmer in den Alpen? Im Grunde ihrer Seele dasselbe wie alle Bergfreunde seit eh und je. Einmal körperliche Bewegung und Betätigung aus dem Zwang des reinen Sitzdaseins am Arbeitsplatz und Schreibtisch, im Lift und im Auto, wie vor dem Fernsehschirm. Der Mensch ist, wie die Anthropologen sagen, von Natur ein „Geh-Tier", und 90% unserer Sportarten von der Leichtathletik bis zum Fußball, Skifahren und Bergsteigen beruhen auf der gesteigerten Betätigung unserer Gehwerkzeuge. Unsere Rasse muß verkommen, wenn wir dies vernachlässigen. Zugleich aber suchen sie alle die innere Befreiung aus der Enge der Städte, aus dem Angespanntsein in den reinen Arbeitsrhythmus und nicht zuletzt aus der Verlorenheit des Einzelnen, der weitgehend getrennt von Angehörigen und Sippe allein in der Steinwüste der Großstadt lebt. Wir leiden alle unter der großen Zerrissenheit unserer Empfindungen, der mangelnden Wärme eines nahen Familien- und festen Freundeskreises, den die technisch noch so vollkommenen Massenmedien mit ihrer kalten Unpersönlichkeit nie ersetzen können. Wir haben das dunkle Gefühl, daß Übertechnik und Existenzkampf das, was Leben und Menschenwert in uns ist, ertötet. Zum Ausbrechen aus solcher Enge zwingt uns alle ein tiefer naturnotwendiger Trieb. Mancher flieht zurück in die „gute alte Zeit" des vorigen Jahrhunderts. Warum sind heute Antiquitäten gerade aus der Biedermeierzeit, ja noch des „Jugendstils" so beliebt? Man umgibt sich gerne wenigstens mit den Symbolen einer einstigen noch heilen Welt. Und alle die Reiseunternehmungen von Spitzbergen bis zur afrikanischen Safari, vor allem aber in die nahen Alpen, dienen der wenigstens kurzfristigen Erlösung, dem Ausbruch aus der Verlassenheit in einer vollautomatisierten und durchklimatisierten Arbeitswelt. Das ist etwas ganz anderes, als es früher im Begriff des „Urlaubs" im Sinne körperlicher Gesunderneuerung steckte. Es ist einfach eine lebensnotwendige Medizin der Seele, die der Mensch in der im Vergleich zu den Städten immer noch so gut wie unberührten Natur des Hochgebirges sucht. Nirgends – auch nicht am Meer – kommt man so rasch in eine so völlig andere Umwelt. Es mag sein, daß nur die Existenz solcher Refugien uns dazu bringen kann, auch in die genormte Gleichförmigkeit unseres Alltagslebens und der ständigen Berieselung durch Zeitung, Rundfunk und Fernsehen wieder das Element der Stetigkeit und Ruhe zu tragen, das die ganze Welt so bitter nötig hat, um den eklatanten Vorsprung des technischen Fortschritts über die moralische Entwicklung der menschlichen Seele einzuholen. Und es ist sicher, daß das in unserem alten Erdteil, mit unserem Kulturerbe am ehesten gelingen wird. Darin, daß er das im Herzen dieses Erdteils liegende Hochgebirge für diese größte Aufgabe der heutigen Menschheit vorbereitete, liegt die europäische Sendung des Alpenvereins.

---

Im Folgenden findet der Leser zunächst Beiträge, die den *Gesamtraum* der Glocknergruppe in mehr umfassender Weise betrachten (MÜLLER, KOLAR, TOLLNER, FRANK, SPÄTH, BÖHM). Es folgen solche, die einen *Teilbereich* der Gruppe unter einem speziellen Blickpunkt untersuchen (PATZELT, TOLLNER, PASCHINGER, SLUPETZKY, VOGELTANZ, FRIEDEL, BURGER und FRANZ, ZOLLITSCH, FRANZ).



Der Großglockner, 3798 m, von NE gesehen. Vom Großglockner führt ein markanter, gezackter Grat nach rechts, zur Hofmannsspitze, 3721 m. Der sonnenbeschienene Firngrat, der gegen den Beschauer herabzieht, ist der Glocknerwandkamp. Aus dem Inneren Glocknerkar (links) und vom Fuße des Glocknerwandkamp (rechts) fließen das Innere Glocknerkarkees und das Teufelskampkees herab und ernähren den äußerst rechten Teil der Pasterzenzunge (Flugaufnahme vom 5. 10. 1966 von H. SLUPETZKY, freigegeben vom BMfLV mit Zl. 4.360–RAbtB/69.)

# Die Hohen Tauern als Verkehrsraum einst und jetzt

Unter besonderer Berücksichtigung der Nordseite

Von Guido Müller (Salzburg)

Mit 1 Tabelle und 3 Kärtchen[1]

Innerhalb des über 500 km langen Ostalpenkörpers bilden die Hohen Tauern den längsten geschlossenen Abschnitt ohne tiefe Einsenkung: Auf 125 km Luftlinienentfernung fällt die Kammhöhe nirgends unter 2400 m.[2] Der sich im Meridian von Salzburg auf etwa 170 km verjüngende Gebirgsbereich trennt den süddeutschen Raum vom nördlichen Adriagebiet, zwei bereits durch Jahrhunderte wichtige gegenseitige Ergänzungsgebiete. So ist es verständlich, daß hier immer wieder getrachtet wurde, allen Hindernissen zum Trotz Wege zu bahnen.

Begünstigt wurden und werden diese Bestrebungen durch die Zugänglichkeit aus dem Norden und Süden: Das Salzachlängstal, das in 15–30 km Entfernung den Tauernhauptkamm begleitet, sammelt diejenigen Täler, die zwischen Krimmler Tauern und Arlscharte den Gebirgskörper auffallend regelmäßig gliedern. Über den verhältnismäßig niedrigen Gerlospaß (1507 m), der vom Zillertal ins Salzachtal herüberführt, über den Paß Thurn (1274 m), der den meist über 2000 m hohen Zug der Grauwackenzone durchschneidet, viel mehr noch durch die Zellerfurche aus dem Saalachtal und schließlich salzachaufwärts kommen die wichtigsten nördlichen Anfahrtswege[3]. Im allgemeinen weiter, nämlich 30–40 km, ist das südliche Gegenstück, die von Rienz und Drau gebildete Längstalfurche, vom wasserscheidenden Hauptkamm entfernt. Ihre wichtigsten Zubringer von der Tauernkette sind zwar nicht so zahlreich und so regelmäßig angeordnet wie die nördlichen Tauerntäler, dafür finden aber Besiedlung und Verkehrserschließung hier günstigere Bedingungen vor[4]. Westlich der ausgedehnt vergletscherten Venedigergruppe ist der Krimmler Tauern ein Bindeglied zwischen dem vom Ahrnbach durchflossenen Tal, das ins westliche Pustertal[5] mündet, und dem Krimmler Achental. In das zwischen Venediger- und Glocknergruppe nach Süden ziehende Tauerntal, das sich im Isel- und Drautal fortsetzt, gelangt man von Norden kommend aus dem Hollersbach-, Felber- oder Stubachtal. Östlich der Glocknergruppe und westlich der Ankogelgruppe führen alle Übergänge ins Mölltal: Flußabwärts erreicht man direkt oder über den Iselsberg (1204 m) das Drautal. Die Fortsetzungen ins Tal des Tagliamento sind im ersten Fall über Villach und das Kanaltal gegeben, im zweiten über den Gailbergsattel

[1] Die Tabelle und die drei Kärtchen sollen Funktionen und Entwicklung des Verkehrsgeschehens in geraffter und übersichtlicher Form veranschaulichen. Da diese qualifizierenden und quantifizierenden Gegenüberstellungen ein erster Versuch sind, erheben sie nicht in allen Einzelheiten Anspruch auf Vollständigkeit.

[2] Zwischen Pfitscher Joch (2251 m) im Westen und Arlscharte (2259 m) im Osten, das heißt einschließlich eines Teiles der Zillertaler Alpen, die ja als westliche Fortsetzung der Hohen Tauern anzusehen sind. Hier wird der etwas kürzere Abschnitt (88 km) zwischen Krimmler Tauern und Arlscharte mit allen Tälern, die vom Hauptkamm der Hohen Tauern der Salzach zustreben, behandelt: Krimmler Achental im Westen bis Großarltal im Osten.

[3] Auch alte Saumwege, die, aus dem Brixental zwischen Kitzbühel und Wörgl abzweigend, die Grauwackenzone über das Salzachjoch (1983 m), die Filzenscharte (1693 m) und das Stangenjoch (1713 m) queren, kommen als Zugänge ins oberste Salzachtal in Frage.

[4] Klimatische Vorzüge; Mündungsstufen, wie sie für die Mehrzahl der Salzachnebentäler charakteristisch sind, fehlen im allgemeinen.

[5] Den Namen Pustertal trägt das Tal der Rienz und der oberen Drau (bis Lienz).

(970 m) und den Plöckenpaß (1360 m). Sammelpunkte fast aller beschriebenen Routen sind im Norden die Stadt Salzburg und im Süden die Nachbarstädte Venzone und Gemona.

Da aber von Salzburg aus bis zu Beginn unseres Jahrhunderts der viel bequemere und gefahrlosere Weg über den Radstädter Tauern (1739 m) und den Katschberg (1641 m) das gleiche Ziel im Süden erreichte, konnten die Übergänge der Hohen Tauern[6] nur zeitweise den überörtlichen Verkehr an sich ziehen. Ein Großteil des oberdeutschen Handels mit dem Adriagebiet durchquerte die Alpen westlich der Hohen Tauern: Die Brennerlinie wurde ein noch übermächtigerer Konkurrent der Tauernwege. Eine Arbeit über die Verkehrsentwicklung im Gebiet der Hohen Tauern kann daher diesen östlichen und westlichen Nachbarn nicht außer acht lassen.

Die Verkehrsbedeutung eines Gebietes ist keineswegs von den Oberflächenformen und der Topographie allein abzuleiten; sowohl historisch-politische als auch technische Entwicklungen machen das Problem vielschichtiger. Hier sind etwa zu nennen die eigenständige Entwicklung des geistlichen Fürstenstaates Salzburg, Verschiebungen in der Weltwirtschaft und die Tatsache, daß mit der Verbesserung der Verkehrstechnik und der Erfindung neuer Verkehrsmittel die Hohen Tauern unterschiedlich bewertet wurden. Die Tunnelbautechnik kann heute die Abhängigkeit vom Relief teilweise aufheben. Daß nunmehr die Hohen Tauern wie nie zuvor in das Verkehrsnetz einbezogen sind, verdanken sie aber auch dem Aufschwung des Erholungswesens. Wie heute ihr landschaftlicher Zauber anlockt, so übte ehemals der Reichtum an Edelmetallen große Anziehungskraft aus. Er verhalf diesem Abschnitt der Alpen bis in die beginnende Neuzeit zu einer Vorzugsstellung.

In unserem Jahrhundert haben das Wasser in seinen verschiedenen Zuständen und die Wasserkraft gewissermaßen die Nachfolge des Goldes angetreten: Die elektrische Energie aus Wasserkraft – oft als „weißes Gold" bezeichnet, brachte einen gewaltigen Wirtschaftsaufschwung. Der ausgeprägte Stufenbau zweier Tauerntäler bot sowohl beste Voraussetzungen für die Errichtung von Staubecken als auch viel nutzbares Gefälle. Dem Fremdenverkehr wurden mehrere Wasserfälle und Klammen[7] erschlossen. Wasser besonderen Werts entströmt den Thermen von Badgastein. Während das Gletschereis der Eiszeit den Hohen Tauern erst die markanten Züge eines Hochgebirges verliehen hat, bereichern auch die heutigen Gletscher das Landschaftsbild und stellen auf diese Weise – über ihre energiewirtschaftliche Bedeutung hinaus – ein wertvolles Kapital der Alpenländer dar. Der Winter- und Frühjahrsschnee, der auch früher nicht allein hemmend auf das Verkehrs- und Wirtschaftsgeschehen wirkte (z. B. Holzbringung und Schlittenverkehr), ist heute ebenfalls ein kostbares Gut der Alpen geworden: Der Wintersport konnte sich namentlich auf der Tauernnordseite, die hier gegenüber der Südseite begünstigt ist[8], schwungvoll entwickeln.

Für den Winterfremdenverkehr – noch mehr aber für den Sommerfremdenverkehr – war die vorhandene Besiedlung und Bevölkerungsverteilung ein guter Mutterboden. Es ist deshalb angebracht, nun auf ihre Entwicklung kurz einzugehen, um den Niederschlag auf die Verkehrsverhältnisse erfassen zu können. Durch unermüdliche und geistreiche Forschungen ist schon viel Licht in die Besiedlungs- und Verkehrsgeschichte unseres Raumes vor der Völkerwanderung gefallen, von einer umfassenden und gesicherten Kenntnis jener Zeiten sind wir aber noch weit entfernt. Da zum Verständnis des die heutige Kulturlandschaft prägenden Verkehrsnetzes ein solches Wissen nur teilweise vonnöten ist, sei die älteste Entwicklung nur gestreift.

Die Hohen Tauern lockten schon in vorgeschichtlicher Zeit Bewohner aus der Umgebung an: In Verfolgung der goldführenden Flußbetten stieg der Mensch bis zu deren Ursprüngen und gelangte so zu den Erzgängen im Zentralgneis. Mit zunächst primitiven

[6] „Tauern" hießen früher allein die Übergänge über dieses Gebirge; ihre Namen gehen aus der Tabelle hervor; zum Tauernbegriff siehe PRINZINGER, 1867, und FINSTERWALDER, 1968.

[7] An die Ausgänge der östlichen Tauerntäler gebunden, wo die sogenannten Klammkalke auftreten.

[8] Nicht zuletzt wegen der rascheren Erreichbarkeit aus Deutschland, insbesondere im Tages- und Wochenendverkehr aus Süddeutschland und Salzburg/Oberösterreich.

Methoden wurde ein Abbau begonnen, Aufbereitungsstätten und Schmelzen entstanden. Das Tauerngold wurde früh zum Handelsgegenstand und löste einen Verkehr aus. Pässe wurden überschritten und neue Wege angelegt. Wie die Salzgewinnung auf dem Dürrnberg bei Hallein und im Salzkammergut ab dem Neolithikum nachweisbar ist, kann auch am Handel dieses Produktes über die Hohen Tauern hinweg nicht gezweifelt werden. Die Römer brachten das Alpengebiet einschließlich seiner Vorlagen an sich, um ihr Reich gegen Einfälle von Norden besser sichern zu können. Neben diesem strategischen Moment war zweifellos das Gold der Tauern maßgebend für diese Eroberung. Von den Römern wissen wir auch, daß sie innerhalb ihres Reiches gute und zielstrebige Verbindungswege anlegten. Anknüpfend an schon vorhandene Trassenführungen bauten sie Alpenpfade zu Saumwegen und Straßen aus: Östlich der Hohen Tauern führte eine wichtige Römerstraße über den Radstädter Tauern murabwärts nach Virunum, von der seit 201 n. Chr. eine Abzweigung über die Laußnitzhöhe (1689 m; östlich des Katschberges) nach Teurnia bestand. Die Mitte der Hohen Tauern überschritt ein Saumweg (Fahrweg?), dem heute etwa die Glocknerstraße folgt. Beide Bauwerke der Römer, in den Glanzzeiten durch Soldaten und Kaufleute stark belebt, sind noch in Resten erhalten (siehe z. B. MAY DE MADIIS, 1886).

An dieser Stelle sei eine Zwischenbemerkung über die Entwicklung der Trassenführung von Verkehrswegen im Gebirge eingefügt: Bis in unsere Zeit herauf gilt für solche Anlagen, daß sie durch Naturgewalten, insbesondere durch Lawinen und Muren, Schäden erleiden[9]. Nur bei Bestehen eines Instandhaltungsdienstes, bzw. Errichtung von aufwendigen Schutzbauten, können die heutigen Verkehrsbänder von unseren Verkehrsmitteln benützt werden. Diese Voraussetzungen fehlten in der Römerzeit und noch viel mehr im darauffolgenden Jahrtausend. Der Verkehr mit Trägern und Saumtieren wich Hindernissen, so etwa den Schluchtstrecken, durch Umwege und verlorene Steigungen aus; die Verkehrsmittel waren noch nicht auf breite, mäßig steile und zügige Trassenführung angewiesen.

Die Einwanderung der Bajuwaren und die Entstehung des geistlichen Fürstenstaates Salzburg wurden für das weitere Verkehrsgeschehen entscheidend. Während die Rodungsperiode des 8. Jahrhunderts noch vor dem Oberpinzgau und den Tauerntälern haltmachte, erschloß die große hochmittelalterliche Rodungsperiode (11.–13. Jahrhundert) auch diese Gebiete (KLEIN, 1965, S. 21). Angelegt wurden vorwiegend Schwaighöfe, das sind Viehhöfe, die dem Grundherrn Käse zinsen mußten und dafür Getreide erhielten. Talalmen sind oft sogar älter als die daran anschließenden Dauersiedlungen in diesen Seitentälern. Die zugehörigen Güter liegen dann in den Haupttälern[10]. Selbst über Jöcher hinweg sind mitunter Almen aus Nachbartälern bezogen worden. Dies kam dann zustande, wenn in den beiden Tälern, verursacht durch Geländehindernisse oder eine sehr ungleiche Ausstattung mit Weideflächen, die Besiedlung verschieden weit vorgedrungen war[11]. Eines der bekanntesten Beispiele dieser Art ist das Krimmler Achental, über das im regionalen Teil noch zu berichten ist. Die Wege durch Täler und über Jöcher erfuhren also ihre erste Anlage und Ausgestaltung oft durch Bedürfnisse der bergbäuerlichen Wirtschaft[12]. STOLZ (1925, S. 145) verweist darauf, daß über diese Wege auch bedeutsame Kultureinflüsse wirksam waren: Das Erzbistum Salzburg trat als Träger der christlich-deutschen Mission jenseits der Hohen Tauern in Karantanien auf: „Die deutschen Kultureinflüsse, die seit dem 8. Jahrhundert reichlich ins Iselgebiet

[9] Gefahr künstlich erhöht durch Entwaldung (Salinenholz, Holz für Bergbaubetrieb u. dgl.).

[10] Zum Beispiel im Kapruner Tal befinden (befanden) sich nach Piesendorf, Niedernsill und Bruck im Salzachtal gehörige Almen; im Rauriser-, Gasteiner- und Großarltal Almen von Bauern in Goldegg, Taxenbach, St. Johann im Pongau und Zell am See.

[11] So liegen ins Inntal gehörige Almen in den obersten Quellgründen der Isar, der Loisach und des Lech; Almgründe im Venter Tal, die von Schnalsern in Besitz genommen wurden; Almen in den Gründen des Ziller, die vom Ahrntal und von Pfitsch bezogen wurden (STOLZ, 1928, S. 31).

[12] Vgl. auch WOPNER (1933, S. 138): „So mag die älteste Almwirtschaft die Übergänge über die Bündnerpässe so weit wegsam gemacht haben, daß auch Völkerschwärme mit Weibern und Kindern und Viehherden ihren Weg über diese Pässe nehmen konnten."

einströmten, kamen also vorwiegend von Norden über die Tauernpässe, weniger von Westen durch die Drauenge."

Während die Besiedlung mit dem 13. Jahrhundert schon an die Grenze des Dauersiedlungsraumes vorgedrungen war, erlitt sie Mitte des 14. Jahrhunderts starke Einbußen und Rückschläge: Eine große Pestepidemie suchte das Alpengebiet heim, insbesondere die scheinbar abgelegenen Tauerntäler. Da es so gut wie sicher ist, daß damals der Menschenfloh die Pest übertrug, konnte KLEIN (1965, S. 38) einwandfrei die Zusammenhänge aufzeigen: „Unter diesen Voraussetzungen ist es gar nicht mehr erstaunlich, daß die bäuerliche Bevölkerung der Alpen, die sich weitgehend im Nebenerwerb mit der Säumerei und dem Fuhrwesen im Dienste des Queralpenverkehrs abgab und so vielfach mit den verseuchten Städten Norditaliens in unmittelbare Berührung kam, der Ansteckung besonders ausgesetzt war."[13]

Damals hatte das Kernland des Erzstiftes Salzburg – eines der wichtigsten Beispiele geistlicher Fürstenstaaten – schon die Größe des heutigen Bundeslandes Salzburg überschritten. Die Erwerbung des hier behandelten Gebietes ist mit dem 13. Jahrhundert abgeschlossen[14]. Außerdem gehörte ansehnlicher Streubesitz, vornehmlich in Tirol, Kärnten, Niederösterreich und der Steiermark einschließlich der Südsteiermark dazu. SIDARIČ (1917, S. 84) ermittelte für das Gebiet Salzburgs während seiner größten Machtentfaltung (um 1400) 13 420 km², für 1520 (vorübergehend) sogar 13 622 km².[15] Machte auch dieser Staat mit Schenkungen der Bayernherzöge am Gebirgsrand seinen Anfang und blieb das Salzburger Becken (Residenzstadt Salzburg) auch stets sein Kernraum, so ist doch vom Anfang an ein Eindringen in den noch weitgehend siedlungsleeren Alpenbereich festzustellen. Mit dem Erreichen des Hauptkammes gaben sich die Erzbischöfe keineswegs zufrieden, sie strebten auch die Überwachung der südlichen Paßzugänge an. Dieser Versuch schlug trotz einiger Teilerfolge fehl, da mächtigere Gegenspieler, insbesondere Österreich, auftraten, die von Osten und Westen her besseren Zugriff hatten als die Salzburger, für die sich die Sperrwirkung der Hohen Tauern nachteilig auswirkte. Der 1213 erworbene Lungau südlich des Radstädter Tauern wurde zu einem festen Besitz, das südlich des Katschberges gelegene Gebiet von Gmünd konnte dagegen nur vorübergehend gehalten werden. Erfolgreich behauptete Salzburg wiederum das südlich des Felber Tauern gelegene Pfleggericht Matrei und westlich der Hohen Tauern das über den Gerlospaß erreichbare Zillertal. Insgesamt blieb Salzburg ein Salzachstaat, zum „Tauernstaat" konnte es sich nicht emporarbeiten. Auch mit der Tauernnordseite allein hatte Salzburg reichen Anteil an den wiederentdeckten Bergbaurevieren. Als Glanzzeit der Goldgewinnung wird meist das Jahrhundert von 1460 bis 1560 genannt. Der folgende Niedergang ist sowohl überseeischer Konkurrenz als auch einem Raubbau zuzuschreiben. Siedlung und Verkehr des östlichen Teiles der Hohen Tauern verdanken dem Bergbau eine wesentliche Ausgestaltung.

Welche Verkehrsrolle kam nun den Tauernpässen während des Spätmittelalters und der Frühneuzeit zu? Auf Wegen, die durch die Almwirtschaft oder den Bergbau gebahnt wurden, entwickelte sich ein bisweilen beträchtlicher Lokalverkehr und auch weiträumiger Verkehr. Das Salz, der Bodenschatz also, der dem Erzstift seinen Namen gab, wurde nicht nur salzachabwärts befördert und bis nach Böhmen verhandelt, im Saumverkehr ging dieser begehrte Artikel auch über die Tauernpässe nach dem Süden. Neben salzburgischem Salz vom Dürrnberg bei Hallein spielte teilweise auch das Berchtesgadener Salz aus Schellenberg eine größere Rolle. Außer einem von den Salinen bis in die Absatzgebiete durchgehenden Verkehr gab es auch eine Salzfracht an die nördlichen Ausgangspunkte der Tauernübergänge (Mittersill, Rauris, Gastein u. a.); sie erfolgte mit Saumpferden, im Winter jedoch meistens mit Schlitten. In diesen Orten deckten Bauern

[13] „Saum" = Last eines Tragtieres, hier fast ausschließlich des Pferdes. Die Saumlast betrug normalerweise etwa 150 kg. Flache Fäßchen, beiderseits am Saumsattel befestigt, dienten als Behälter für Wein, zum Teil auch für Salz (KLEIN, 1965, S. 442).

[14] Salzachquertal einschließlich Großarl 8.–12. Jahrhundert, Pinzgau 1228, Gastein 1297 (KLEIN, 1965, Kt. nach S. 16).

[15] Bundesland Salzburg 7153 km².

aus Matrei, Kals, Heiligenblut und Mallnitz ihren Salzbedarf durch Kauf oder Tausch gegen Wein, Getreide, Vieh u. dgl. Der Handelsverkehr über die Hohen Tauern hinweg hätte nie ein solches Ausmaß erreicht, wäre nicht im Gegenverkehr ein wichtiges Frachtgut nach dem Norden gebracht worden: Der Wein. KLEIN (1961, S. 23) schreibt, daß sich im 11. und 12. Jahrhundert Anzeichen für einen gesteigerten Weinbezug der Salzburger aus Friaul mehrten. Erst als im 17. Jahrhundert die süßen Weine Friauls und Istriens nicht mehr so gefragt waren (KLEIN, 1961, S. 30) und als überdies infolge Verarmung der ländlichen Bevölkerung das Bier mehr und mehr an die Stelle des Weines trat, verlor auch der Handel mit Weinen aus dem Süden allmählich an Bedeutung. Dem Salzhandel als seinem Gegenstück bereiteten österreichische Regierungsmaßnahmen steigende Schwierigkeiten, so daß zeitweise an diesem oder jenem Übergang, wo eben gerade die Kontrollen sich am wenigsten wirksam erwiesen, ein lebhafter Salzschmuggel blühte (KLEIN, 1965, S. 477). Mit der Aufhebung der Grenze am Beginn des 19. Jahrhunderts hörte auch der illegale Salztransport auf (das österreichische Salz war teurer!). Neben dem Wein einerseits und dem Salz anderseits beförderten die Säumer in Nordrichtung noch Branntwein[16], Gewürze, Weinessig, Spezereien, Obst, Südfrüchte, Weinbeeren, Nüsse, Öl, Honig, Samt- und Seidenwaren, Stoffe, Blei, Eisenwaren u. a. Für den Süden bestimmte Handelsgüter waren Leder (gegerbt und ungegerbt), Leinwand, Tücher, Wolle, Loden, Holzwaren, geräuchertes Fleisch, Vieh, Kupfer u. a.

Der mit dem Aufblühen Venedigs im Laufe des 12. und 13. Jahrhunderts (STOLZ, 1925, S. 158) sich entwickelnde rege Handelsverkehr mit Oberdeutschland führte teilweise durch Salzburger Gebiet. Während Augsburg und Ulm über Brenner und Reschenpaß mit der „Herrin der Adria" verbunden waren, benützte der Verkehr nach und von Regensburg – der jedenfalls schon im späten 12. Jahrhundert ansehnlich war – Wege durch Salzburg. Später, ab der Wende vom 14. zum 15. Jahrhundert, trat Nürnberg die Nachfolge von Regensburg an (KLEIN, 1961, S. 25 und 27). Die vom Fernhandel der Kaufleute eingeschlagene Hauptroute über den Radstädter Tauern („untere Straße") konnte ab Beginn des 16. Jahrhunderts auch befahren werden. Sie setzte sich fort über den Katschberg und strebte über Villach und Tarvis die südlichen Umschlagplätze Venzone und Gemona an. Die sogenannte „obere Straße", der die Funktion einer Ausweichroute zukam, benützte als Übergang den Heiligenbluter Tauern (2575 m) und überwand auf dem Weg nach Venzone und Gemona noch den Iselsberg, den Gailbergsattel und den Plöckenpaß (KLEIN, 1965, S. 411f.). Daß der Fernhandel von Venedig nach Regensburg und Nürnberg und umgekehrt sich in hohem Grade über Salzburg abspielte, lag neben der Verkehrslage Salzburgs auch an den niedrigen Salzburger Zollsätzen.

Die Tatsache, daß Salzburg kein eigentlicher Paßstaat geworden war und es immer mehr von Österreich eingekeilt wurde, schmälerten Salzburgs Verkehrsstellung zusehends. Die 1554 in Kremsbrücke südlich des Katschberges errichtete Maut, deren hohe Zollsätze überdies noch mehrmals hinaufgesetzt wurden (KLEIN, 1961, S. 30), beeinträchtigten den Handel über Salzburg sehr und führten in hohem Grade zu einer Umgehung Salzburgs im Westen und Osten.

Die Rolle der nicht befahrbaren, beschwerlichen und auch gefährlichen Übergänge über die Hohen Tauern mußte sich mit dem ab dem 16. Jahrhundert langsam einsetzenden Kunststraßenbau verändern. Während nämlich der mittelalterliche Handel von Salzburg bis zum Alpensüdrand im Saumverkehr abgewickelt wurde und dabei – zumindest im Sommer – die hohen Übergänge etwas mithalten konnten, traten sie durch die Umstellung auf das Fuhrwerk in den Hintergrund. Da überdies durch die Entdeckung des Seeweges nach Indien im 16. Jahrhundert sich der wirtschaftliche Schwerpunkt vom Mittelmeer an die Atlantikküste (besonders Lissabon, Antwerpen) verlagerte, ließ die Nord-Süd-Verkehrsspannung über die Ostalpen empfindlich nach.

[16] Dieser wurde aber noch häufiger von Trägern zugebracht: „Überall im Salzburger Gebirgsland, vorzüglich aber im Pinzgau, betrieben arme Leute mit behördlicher Bewilligung dieses Geschäft (KLEIN, 1965, S. 446).

Über die Tauern herrschte nun wieder der Nahverkehr vor: Der Handel mit Salz wurde bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts geübt, der Viehhandel kam erst in unserem Jahrhundert ganz zum Erliegen. Handwerker aus Osttirol und Oberkärnten nahmen bis vor einigen Jahrzehnten die Mühe einer Tauernquerung auf sich, um nördlich der Tauern Beschäftigung zu finden. Auch weibliche Saisonarbeitskräfte benützten diese Wege. Unter den Bauarbeitern bei Errichtung der Westbahn, der Tauernbahn, verschiedener Straßen und anderer Anlagen in Salzburg befanden sich immer Deutsch- und Welschtiroler; letztere übten meist das Maurerhandwerk aus oder waren Steinarbeiter. Daß auch viele dieser Männer den Weg über die Hohen Tauern nahmen, geht schon allein aus Meldungen über dort vorgekommene Unglücksfälle hervor.

Mehr noch als die ersten Straßenbauten, führte das Eisenbahnzeitalter zu einer Verödung der alten Wege und für fast ein halbes Jahrhundert zur Umfahrung der Hohen Tauern. Die schon eingangs genannte südliche Längstalfurche erhielt durchgehend eine Hauptbahn (Pustertalbahn), die nördliche zumindest auf dem Abschnitt Bischofshofen Zell am See (Westbahn). Schon früher, nämlich 1867, war mit der Inbetriebnahme der Brennerstrecke eine Pionierleistung ersten Ranges zu Ende geführt worden. Auch im Osten kam über den Schoberpaß und den Neumarkter Sattel eine Alpenquerverbindung zustande. Eine Verknüpfung der beiden genannten Ost-West-Schienenstränge, die sich bis auf 50 km nähern, war die nächste Forderung. Derartige Pläne wurden gestärkt durch Bestrebungen, den österreichischen Hafen Triest durch eine Nord-Süd-Verbindung (Anschluß an den süddeutschen Raum) zu fördern. Die Frage der Trassenwahl erhitzte die Gemüter beiderseits der Tauern; für praktisch jedes Tal lagen Projekte vor. Gewissermaßen zwingend fiel die Entscheidung zugunsten der Gasteiner-Linie (Tauernbahn). Als am 5. Juli 1909, also vor genau 60 Jahren, der Bahnverkehr durch den Tauerntunnel aufgenommen wurde, rückten die Hohen Tauern wieder in den Blickpunkt des Verkehrsgeschehens[17]. Das Automobilzeitalter führte sogar noch zu einer Festigung dieser Position. Freilich, die alten Übergänge selbst, die „Tauern", konnten mit einer Ausnahme (Glocknerstraße) ihre Bedeutung nicht wiedererlangen.

Nach Aufzeigen der wichtigsten Momente des wechselvollen Verkehrsgeschehens soll nun ein Blick auf die Rolle der einzelnen nördlichen Tauerntäler und der durch sie führenden Paßwege geworfen werden. Dabei wird sich Gelegenheit bieten, manches, was vorhin nur skizziert werden konnte, näher zu erläutern. Wie schon angekündigt, ist vorher noch der zwei Nord-Süd-Verbindungen zu gedenken, die den größten Einfluß auf die Tauernquerwege hatten und haben.

Der Brennerweg stellt unbestreitbar alle übrigen Nord-Süd-Wege über die Alpen in den Schatten. Die Tatsache, daß in seinem Meridian die Ostalpen ziemlich breit entwickelt sind, wird mehr als wettgemacht durch die Möglichkeit, die Alpen in einem Anstieg zu queren, überdies auf einem Weg, längs dem die Siedlung kaum einmal abreißt. Auf Grund seiner Scheitelhöhe (1370 m; die „Tauern" sind um mehr als 1000 m höher!) kann dieser Weg auch im Winter ohne größere Schwierigkeit benützt werden. Der Brenner konnte seit dem 15. Jahrhundert durchgehend mit Wagen befahren werden, vorher nur mit zweirädrigen Karren (WOPFNER, 1933, S. 141). Einen großen Vorteil wies der Brennerweg auch durch seine politische Zugehörigkeit auf: Tirol – im Gegensatz zu Salzburg ein echtes Paßland – hatte die ganze Route in seiner Hand. Ein Jahrhundert nach dem Bau der Brennerbahn steht erneut ein ganz großes Verkehrsprojekt vor dem Abschluß: Durch die Brennerautobahn wird erstmals das deutsche Autobahnnetz auf kürzestem Wege mit dem italienischen Autobahnnetz verbunden sein.

Zwar nicht mit dem Brenner vergleichbar, aber doch weit wichtiger als die Hochpässe über die Hohen Tauern, ist der Radstädter Tauern (1739 m). Nachdem die Römer über ihn schon eine wichtige Straße gebaut hatten, konnte er ab Beginn des 16. Jahrhunderts wieder befahren werden. Mitte des 18. Jahrhunderts entstand eine für die damaligen Verhältnisse moderne Kunststraße. Der die Stadt Salzburg berührende Fernverkehr

[17] Durch die Tauernbahn verkürzte sich der Bahnweg von München nach Triest um 179 km (PREUSS, 1939, S. 262).

– als Saum- und Fuhrwerksverkehr – strebte bis ins 16. Jahrhundert vorwiegend diesem Übergang zu. In der Folgezeit lenkte aber die österreichische Maut in Kremsbrücke den Verkehr mehr oder weniger stark ab. „Ja es kam, wenigstens zeitweise, so weit, daß die Stadt Salzburg selbst die Waren von der Adria über die Brenner-Straße bezog" (KLEIN, 1965, S. 425). Während der Brenner ungeachtet neuer Verkehrstechniken und -mittel beständig den Verkehr aufnahm, büßte der Radstädter Tauern im Eisenbahnzeitalter seine Stellung fast ein: Östlich benachbarte Bahnen über den Schoberpaß und den Neumarkter Sattel und ab 1909 die westlich verlaufende Tauernbahn ließen ihn fast in Vergessenheit geraten. Das Automobil hat ihm aber seine alte Stellung zurückerobert. Die Zukunft wird allerdings der davon etwas abweichenden Trasse der Tauernautobahn gehören. Somit kann als gesichert gelten, daß auch in nächster Zeit zwei übermächtige Linien westlich und östlich der Hohen Tauern einen großen Teil des Straßendurchgangsverkehrs aufnehmen werden.

Die Verkehrsverhältnisse des Salzachtales, in das alle zu besprechenden Täler ausmünden, seien ebenfalls in aller Kürze dargelegt. Mit Stand um 1700 führte von Salzburg flußaufwärts eine Straße über Werfen, Lend, Taxenbach nach Mittersill und von dort über den Paß Thurn nach Norden. Von Mittersill ins oberste Salzachtal verlief ein Fahrweg, der von Wald aus den Gerlospaß bezwang, um das Zillertal und das Tiroler Inntal zu erreichen. In den Zeitraum 1850 bis 1868 fällt der Neubau der Straße durch das Salzachtal nach Mittersill und über den Paß Thurn. Die heutige Salzachtal-Bundesstraße ist teils durch Verbesserungen, teils durch Neutrassierungen aus ihr hervorgegangen. Auch das oberste Salzachtal ist durch die Ende 1962 fertiggestellte Gerlosstraße der Glockner-Hochalpenstraßen AG (Scheitelhöhe 1629 m)[18] dem Autoverkehr besser erschlossen worden. Das Eisenbahnzeitalter brachte neben der 1875 eröffneten Hauptstrecke von Salzburg über Bischofshofen, Schwarzach, Zell am See, Saalfelden, Hochfilzen nach Tirol noch die Oberpinzgauer Lokalbahn von Zell am See nach Krimml (1898) und in westlicher Nachbarschaft, von der Westbahn in Jenbach ausgehend, die Zillertalbahn nach Mayrhofen (1902).

Die zwölf in Frage kommenden Tauerntäler weisen von Natur aus ganz verschiedene Voraussetzungen auf. Im allgemeinen nehmen Länge und Breite ihres Einzugsgebietes von Westen nach Osten zu. Die westlichen, recht eng aufeinanderfolgenden Täler konnten selbstverständlich – ganz abgesehen von ihren meist vergletscherten Hintergründen – nicht alle verkehrswichtig werden. Die Talflanken der westlichen Täler sind, auch das geht aus den ungleichen Abständen hervor, steiler als die der östlichen. Weite Almflächen, heute oft gleichzusetzen mit geeignetem Skigelände, sind also nur im Ostteil zu erwarten. Die Höhe der Talsohlen, wichtig für die Besiedlung, nimmt ebenfalls von Westen nach Osten ab[18a].

## Krimmler Achental und Krimmler Tauern (2633 m)

Auf dem Krimmler Tauern verlief bis 1803 die Staatsgrenze des Erzstiftes Salzburg gegen Tirol (Österreich), seit 1919 trennt er Österreich (Salzburg) von Italien (Südtirol). In der Besiedlungsgeschichte, aus der scharfe Paßgrenzen kaum bekannt sind, spielte

[18] Derzeit 500 000–600 000 Benützer/Jahr in über 150 000 Fahrzeugen. Die alte Gerlosbundesstraße ist während des Winters etwa fünf Monate lang unpassierbar und auch in der übrigen Zeit durch Verkehrsbeschränkungen belastet.

[18a] Die Ausmündungen des Krimmler Achentales und des Felbertales, des ersten nennenswert besiedelten Tales gegen Osten, liegen 22 km auseinander. Vom Ausgang des Felbertales bis zum Gasteiner Tal (genau wie vorhin sind hier wieder 6 Täler zusammengefaßt) ist es aber doppelt so weit: 45 km. Felbertal bis Großarltal (7 Täler): 53 km.

Der nachstehende Vergleich gibt einen guten Einblick in die nach Osten abnehmenden Höhenlagen der 12 Täler: In einheitlich 10 km (Luftlinienentfernung) vom Salzachtal liegt der Talboden im Krimmler Achental 1600 m, im Obersulzbachtal 1650 m, im Untersulzbachtal 1900 m, im Habachtal 1750 m, im Hollersbachtal 1450 m, im Felbertal 1350 m, im Stubachtal 1100 m, im Kapruner Tal 1600 m, im Fuscher Tal 1000 m, im Rauriser Tal 950 m, im Gasteiner Tal 850 m und im Großarltal 900 m ü. d. M.

auch nicht sosehr dieser höchste Punkt eine Rolle, sondern vielmehr die etwa 400 m hohe Stufe am Ausgang des Krimmler Achentales, über die die Ache in drei Fällen herabstürzt. Diese Stufe ist ein Verkehrshindernis ersten Ranges und mit ihr bricht der Dauersiedlungsraum jäh ab: Die 1500 m ü. d. M. gelegene Oberkante übersteigt die Siedlungsgrenze beträchtlich. Jenseits des Krimmler Tauern, im Ahrntal, reicht dagegen die Besiedlung bis 1600 m hinauf; diese Stelle ist nur mehr 4 km Luftlinie und etwa 1000 Höhenmeter vom Paß entfernt. Der von Süden übergreifende Almbesitz wird verständlich, wenn man außerdem noch bedenkt, daß die Krimmler Bauern nähergelegene Almen auf der Gerlosplatte haben, auf der stärker besiedelten Südseite hingegen für Talalmen nur wenig Platz ist. Die älteste bekannte Urkunde, die einen Hinweis auf den Almauftrieb aus dem Ahrn- und Tauferertal über den Krimmler Tauern gibt, stammt aus dem Jahre 1494 (KERSCHNER, 1937, S. 587). Alljährlich Ende Mai, zu einer Zeit, da die Paßregion noch tief im Schnee liegt, geht der Almauftrieb vor sich. 1968 kamen 2 Pferde, etwa 200 Rinder und 300 Schafe auf die 14 von insgesamt 20 Almen des Tales, die Südtirolern gehören, herüber (SCHUELLER, 1968, S. 126f.). In früheren Jahren war besonders die Zahl der Pferde und Schafe größer und wurden auch Ziegen und sogar Schweine mitgenommen. Bei dieser für Mensch und Tier anstrengenden und oft gefährlichen Überschreitung waren früher ungefähr hundert Helfer tätig. Träger brachten Nahrungsmittel, Kleider und Gebrauchsgegenstände (selbst die daheim angefertigten und zerlegten Fuhrwerke und Heuwagen!) für den Almsommer mit (KERSCHNER, 1937, S. 587f.). Die Almprodukte wurden ins Ahrntal hinübergetragen (KEIDEL, 1936, S. 53). Heute werden Nahrungsmittel auch im Krimml gekauft und Butter und Käse fast ausnahmslos dorthin geliefert.

Der Viehhandel über den Krimmler Tauern kam schon vor etwa 100 Jahren zum Erliegen. Schon vorher hatte der Saumverkehr aufgehört und auch Handwerker und Saisonarbeiter ziehen nicht mehr über den Tauern. Wenngleich wir über den Krimmler Tauern nicht besonders gut unterrichtet sind, können doch als Hinweis auf ehemals lebhaften Verkehr die durchgehende Wegerneuerung im Jahre 1551 und die alten „Tauernhäuser" gelten. Ein Tauernhaus (Krimmler Tauernhaus oder Hinterachen) wird schon im 15. Jahrhundert erwähnt (PIRCKMAYER, 1888, S. 296), ein zweites hatte vom Beginn des 18. Jahrhunderts bis um 1810 Bestand (Vorderachen, äußere Tafern, vorderes Tauernhaus oder Mileckhütte; LAHNSTEINER, 1956, S. 184). Auch am Südfuß des Paßanstieges steht ein Tauernhaus[19].

Die Tatsache, daß über den Krimmler Tauern eine alte (bis 1803) und seit 1919 eine neue Staatsgrenze verläuft, hat Anlaß zu einem zeitweise florierenden Schmuggel gegeben: In alter Zeit wurde der Preisunterschied zwischen dem Salzburger und Berchtesgadener Salz einerseits und dem viel teureren Tiroler Salz (Hall) anderseits ausgenutzt, nach dem ersten Weltkrieg war die Beförderung von Tabak, Schnaps, Reis und anderen Lebensmitteln und Bekleidungswaren in umgekehrter Richtung ein einträgliches Geschäft. Zur Sicherung der Grenze wurden ab 1919 auf österreichischer Seite drei Wach-Stützpunkte (an der Wasserfallstraße bei Krimml, bei der Unlaßalm am Zusammenfluß von Windbach und Krimmler Ache und auf dem Krimmler Tauern) und damit im Zusammenhang auch drei Unterkunftshäuser für Wachebeamte in Krimml errichtet (LAHNSTEINER, 1956, S. 173).

Die mächtige Talstufe mit den Krimmler Wasserfällen erfuhr im Zeitalter des Fremdenverkehrs eine neue Bewertung. Schon 1879 und 1900 hatte der Alpenverein einen neuen Weg von Krimml ins Achental hergestellt, von dem aus die Wasserfälle viel besser beobachtet werden können als vom alten Tauernweg, der sich östlich der Ache hinaufwindet. Auf diesem Fahrweg ist eine Gepäcks- und Personenbeförderung zum Gasthof Krimmler Tauernhaus (Aufstieg zur Richter Hütte) und weiter ins Tal hinein in Richtung Warnsdorfer Hütte mit Motorfahrzeugen möglich. Diesen Wasserfällen verdankt Krimml überdies die Trasse der neuen Gerlosstraße; ansonst wäre zweifellos die viel kürzere Linie von Wald direkt nach Westen gewählt worden und Krimml abseits geblieben.

[19] Über die Aufgaben der Tauernhäuser siehe unter „Felbertal und Felber Tauern".

## Obersulzbachtal, Untersulzbachtal und Habachtal

Es handelt sich um drei schmale und steilwandige Täler mit engen Ausgängen ins obere Salzachtal. Ihre hintere Umrahmung ist stark vergletschert, eine Querung des Hauptkammes daher nur geübten Bergsteigern möglich. So ist es begreiflich, daß einzig vom Habachtal eine Begehung durch Tiroler Handwerksburschen (Weber) überliefert wird; der Hinweis auf die Benützung von Seilen bei der Überschreitung der Gletscher ist bemerkenswert (REISIGL, 1786, S. 57f.). Davon abgesehen wurden diese drei Täler früher nur vom Almpersonal, von Jägern, Wildschützen, Holz- und Bergarbeitern aufgesucht. Bäuerliche Dauersiedlungen fehlen. Im vorigen Jahrhundert haben Wanderer und Bergsteiger auch diese Täler entdeckt, sei es, um die eisgepanzerten Gipfel der Venedigergruppe nur von unten zu bewundern oder sie zu besteigen. Stützpunkte sind fünf Talgasthöfe und zwei Schutzhütten in Gletschernähe.

## Hollersbachtal

Das Hollersbachtal ist zwar viel offener als die drei eben besprochenen Täler, da aber aus ihm auch nur ein mühsamer und nicht ungefährlicher Übergang nach Süden möglich ist (Dichten Scharte 2629 m und unmittelbar benachbart Weißeneck Scharte 2637 m)[20], der das gleiche Ziel (Matreier Tauernhaus und Matrei in Osttirol) hat wie der Weg über den nahen Felber Tauern, blieb auch ihm eine nennenswerte Verkehrsrolle versagt. Wegen der vielen Almen und da geländemäßig die Voraussetzungen günstig waren, wurde der zu Beginn dieses Jahrhunderts neu angelegte Weg 1953/54 zu einer kleinen Straße ausgebaut (LAHNSTEINER, 1956, S. 359 und 404).

## Felbertal und Felber Tauern oder Matreier Tauern (2481 m)

Die Route durch das Felbertal und über den Felber Tauern war ab dem Brenner die erste, die neben Lokal- auch einen stärkeren Fernverkehr an sich zog. In kürzester Linie ist durch sie das Unterinntal mit dem Tauern-, Isel- und Drautal verbunden. Die Märkte Mittersill im Norden und Matrei im Süden dokumentieren die reiche Verkehrstradition. Stützpunkte bei der Überschreitung des Tauern[21] waren die „Tauernhäuser" Schößwend und Spital auf der Nordseite und das Matreier Tauernhaus auf der Südseite. Sie sind als typisch salzburgische Einrichtungen gewissermaßen ein Zubehör zum alten Tauernverkehr. Diese Tauernhäuser[22], die wohl auf Schwaigen der hochmittelalterlichen Kolonisationsperiode zurückgehen, erhielten regelmäßig Getreidelieferungen als Gegenleistung für folgende Verpflichtungen: Unentgeltliche Beherbergung und Verköstigung von armen Reisenden, Halten von „Tauernknechten", deren Hauptaufgaben in der Begleitung dieser Reisenden, in der Hilfeleistung in Not, der Markierung, Offenhaltung und Erhaltung des Weges bestand. Für letztere Tätigkeit wurden auch die Güter Reut und Rain im mittleren und äußeren Felbertal herangezogen, die dafür ebenfalls eine „Tauernprovision" erhielten (PIRCKMAYER, 1888, S. 303). 1849 wurde die Naturallieferung in einen Geldzuschuß umgewandelt. Mit dem Jahre 1938 endeten die Zahlungen, es bestanden ja auch die früheren Voraussetzungen nicht mehr. Immerhin wurden noch 1931 im Matreier Tauernhaus etwa 400 Handwerksburschen verpflegt oder beherbergt (STOIS, 1933, S. 16). Neben Handwerkern (Schneider, Weber, Schuster, Zimmerer), die früher im Nordteil der Alpen und im Alpenvorland während des Sommers Arbeit fanden, benützten bis etwa 1910 auch weibliche Saisonarbeitskräfte diesen Übergang. Letztere

[20] Nach SONKLAR (1866, S. 73) „Hollersbacher-Tauernschartl".

[21] Die St.-Pöltner-Hütte (AV) auf der Paßhöhe wurde erst 1922 fertiggestellt.

[22] Diese Einrichtung gab es im Bereich der Hohen Tauern außer im Krimmler Achental und im Felber- und Tauerntal auch noch im Kapruner Tal (mit Einschränkung), im Fuscher Tal (Ferleiten) und im Rauriser Tal (Rauriser Tauernhaus im Seidlwinkl Tal).

waren ebenfalls im Iselgebiet und im Pustertal beheimatet und zogen als Jäterinnen zu größeren Pinzgauer Bauern[23]. Eine besondere Gruppe unter den Tauernwanderern waren die Deferegger Teppichhändler[24]. Sie betrieben zumindest seit dem 17. Jahrhundert einen Hausierhandel mit Decken und Teppichen und kamen dabei durch weite Teile Europas. Als Ursache für diesen Handel wird eine Übervölkerung im Heimattal angeführt. Noch in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts gibt STAFFLER ihre Zahl mit annähernd 500 an (STOLZ, 1925, S. 194). Bisweilen ließen sich Osttiroler „Übergänger" in den ursprünglich nur zur Saisonarbeit aufgesuchten Gebieten nieder, was die beträchtliche Zahl verwandtschaftlicher Bindungen über die Hohen Tauern hinweg verständlich macht.

Der Viehhandel, auch von anderen Tauernübergängen bekannt, war über den Felber Tauern sehr rege und dauerte bis in unser Jahrhundert (Salzburger Zeitung, 1904, Nr. 166, S. 3). Die Verbreitung der Pinzgauer Rinderrasse beiderseits der Hohen Tauern findet damit eine Erklärung. Gerade ein Viehtrieb war wegen seiner Langsamkeit bei einem Wettersturz höchst gefährdet. Das folgenschwerste Unglück, von dem wir Kunde haben, wurde durch einen orkanartigen Sturm mit Hagelschlag ausgelöst. Es ereignete sich am 28. Mai 1878: Von einer Herde, bestehend aus 460 Kühen, 40 Kälbern, 28 Pferden 25 Ziegen, verunglückten 104 Kühe, alle Kälber und Ziegen und 1 Pferd. Auch unter den Treibern gab es mehrere Tote (LAHNSTEINER, 1956, S. 430). In den Matreier und Mittersiller Sterbebüchern der letzten Jahrhunderte scheinen zahlreiche Personen auf, die beim Tauernübergang verunglückt sind.

Der Postverkehr zwischen dem salzburgischen Pfleggericht Matrei und der Residenzstadt Salzburg, der bis zur Abtrennung Matreis von Salzburg im Jahre 1809 währte, gehörte zu den regelmäßigen Begehungen des Felber Tauern. Schon im allgemeinen Teil wurde auf den Saumhandel mit Wein, Salz und anderen Waren eingegangen; der Felber Tauern war dabei ein vielbenützter Übergang. Nach der klimabedingten Winter- und Frühjahrsruhe (Handwerker setzten auch schon im Januar und Februar über!) erreichte der Verkehr im Juni einen ersten Höhepunkt. Nach der bäuerlichen Hauptarbeitszeit folgte im Oktober eine zweite Verkehrsspitze (KLEIN, 1965, S. 440).

Als der neuzeitliche Straßenbau und noch mehr der Eisenbahnbau die Hochpässe der Tauern ausschaltete, entstanden gerade für die Felbertauernlinie zahlreiche Verkehrsprojekte. Die für Österreich so schmerzliche Abtrennung Südtirols gab diesen Bestrebungen zusätzlich Auftrieb, da nun Kärnten und Osttirol über österreichisches Gebiet keine nahe Verbindung mehr zu Nordtirol hatten. Da aber in den 20er Jahren nach längerem Hin und Her die Entscheidung zugunsten der Glocknerstraße fiel, verzögerte sich der Felbertauern-Straßenbau abermals. Das hatte aber auch seine gute Seite: Eine Felbertauernstraße der 20er oder 30er Jahre könnte hinsichtlich zügiger Linienführung und Wintersicherheit einem Vergleich mit der Felbertauernstraße der 60er Jahre nicht standhalten. Die projektierte Trasse der Felbertauernstraße, wie sie noch die AV-Karte „Venedigergruppe", 1. Ausgabe 1938, enthält, hätte vom Matreier Tauernhaus aus in sechs engen Kehren zunächst 350 m Höhe überwunden und dann den „alten Tauern"[25] in einem 600 m langen und 2380 m hoch gelegenen Scheiteltunnel unterfahren. Die Nordrampe wäre in ihrer Linie ungefähr dem alten Tauernweg gefolgt. Die projektierte Trasse, die die „Granatspitzkarte des Deutschen Alpenvereins", Ausgabe 1943, zeigt, ähnelt – abgesehen vom rund 200 m höher angesetzten Tunnel – schon stark der später ausgeführten. Die von 1962 bis 1967 errichtete Felbertauernstraße führt von Mittersill (790 m) durch das Felbertal und das Amertal mit einer Höchststeigung von 9 % zum Nordportal (1605 m) des 5,2 km langen Straßentunnels. Nach Überschreiten einer Scheitelhöhe von 1650 m mündet sie auf Osttiroler Seite oberhalb des Matreier

[23] „Der Frühjahrsweizen mußte wegen seines langsameren Wachstums gejätet werden" (LAHNSTEINER, 1956, S. 122). Die Jäterinnen benützten auch andere Übergänge, zum Beispiel den Fuscher-Heiligenbluter Tauern.

[24] Defereggen = westliches Seitental des Iseltales in Osttirol.

[25] Ursprünglich wurde dieser Übergang benützt (2498 m); er liegt gut ½ km südöstlich des heutigen Tauernüberganges.

Tauernhauses aus (1633 m) und fällt im Höchstfall 7% steil gegen Matrei (980 m) ab (OBERWALDER, 1967, S. 34f.). Über diese Straße rollt heute ein Teil des Wirtschaftsverkehrs zwischen Süddeutschland und Nordostitalien–Jugoslawien, bzw. zwischen Kärnten–Osttirol und Nordtirol. Sie wird als kurzer Weg zu den Kärntner Seen und den Adriabädern geschätzt und ist obendrein ein Anziehungspunkt für den Ausflugsverkehr. Gleichzeitig mit dem Bau der Felbertauernstraße wurde auch die große internationale Transit-Rohrleitung „Transalpine Öllcitung" (TAL) von Triest in das neue süddeutsche Raffineriezentrum Ingolstadt verlegt. Ihre Trasse ähnelt zwischen Matrei und Mittersill der der Felbertauernstraße.

## Stubachtal und Kaprunertal und Stubacher Tauern oder Kalser Tauern (2518 m)

Stubachtal und Kaprunertal, auch wegen des historischen Paßverkehrs gemeinsam zu besprechen, zeichnen sich beide durch einen ausgeprägten Stufenbau aus. Sie sind am stärksten von allen Tauerntälern durch die Wasserkraftnutzung umgestaltet. Der gemeinsame Übergang nach Süden, der Stubacher- oder Kalser Tauern und das beide Täler in ihrem Hintergrund verbindende Kapruner Törl, sind für das Verkehrsgeschehen bedeutungslos geworden; es gibt auch keinerlei Anzeichen einer Änderung. Im historischen Verkehr stand der Kalser Tauern stets im Schatten des Felber Tauern. Er wuchs, ungeachtet einiger interessanter Projekte, nie über einen Lokalverkehrsweg hinaus. Der alte Weg zum Kalser Tauern ist uns in drei Varianten überliefert: Durch das mit einigen Einzelhöfen besiedelte Stubachtal (u. a. Enzing am Talausgang, Wiedrechtshausen (864 m) und Fellern (976 m)) – unter ihnen ist aber kein eigentliches Tauernhaus – führte der Weg auf der östlichen Talseite zur Hopfsbachalm (1239 m). Dort teilte er sich: Der östliche und ältere strebte über die Wurfalm und das Tauernmoos zur Höhe, der jüngere, westliche über den Enzinger Boden, den Grün- und Weißsee. Zeitweise wurde die von Zell am See aus direktere Route durch das Kapruner Tal und über das beschwerliche Kapruner Törl (2639 m) ins oberste Stubachtal eingeschlagen. Gleichgültig welcher der Wege gewählt wurde, der Übergang über den Kalser Tauern war der beschwerlichste unter den Tauernwegen. KLEIN (1965, S. 440) schreibt darüber: „Von der Route durch das Stubachtal aber, die von Kalser Salzträgern belebt war, die von den Bauern in und vor der Stubach Salz kauften oder gegen Getreide und Vieh (Schafe) eintauschten, heißt es ausdrücklich, daß sie für Saumpferde nicht gangbar war."

Reges Leben kehrte im Stubachtal nach dem ersten Weltkrieg ein. Die Österreichischen Bundesbahnen begannen dieses Tal Schritt für Schritt energiewirtschaftlich auszubauen: 1921 bis 1929 war der vorher kleine Tauernmoossee zu einem Großspeicher aufgestaut worden. Am Enzinger Boden entstand ein kleiner Stausee, der Spiegel des Weißsees wurde gehoben und Überleitungsstollen sorgen für ein größeres Wasserangebot. Die zugehörigen Kraftwerke stehen am Enzinger Boden, in der Schneiderau und am Talausgang. Mit dem erzeugten Strom wird die Westbahnstrecke von Wörgl nach Wien und teilweise die Tauernbahn versorgt. Da die Kraftwerksbauten selbst nicht wie im benachbarten Kapruner Tal zu einer Fremdenverkehrsattraktion und damit zu Verkehrserregern geworden sind, ist hier nur die mit dem Kraftwerksbau zusammenhängende Verkehrserschließung zu nennen: Die 1926 vollendete Straße Uttendorf–Enzinger Boden (18 km) wurde später für den allgemeinen Verkehr freigegeben. Der vom Enzinger Boden über den Sprengriedl angelegte Fahrweg zum Tauernmoossee ist dagegen seit der Errichtung der Seilbahn Enzinger Boden–Tauernmoossee–Weißsee (Bergstation 2323 m ü. d. M.) nur als Fußweg nennenswert. Diese Stubach-Seilbahn, 1942 in Betrieb genommen, hat, nach Umbau, 1951 den allgemeinen Personenverkehr aufgenommen. Insbesondere dem Winter- und Sommerskilauf ist dadurch ein vorzügliches Gebiet erschlossen worden.

Von der Gerlosplatte bei Krimml abgesehen, tritt uns im Kapruner Tal erstmals neben der Längs- auch eine Queraufschließung entgegen. Hier üben nämlich auch

mächtige, das Tal begleitende Seitenkämme der Glocknergruppe mit einer sonst nirgends so nahe an das Salzachtal heranreichenden Vergletscherung große Anziehungskraft aus. Die Erschließungstätigkeit der alpinen Vereine erstreckte sich daher mehr oder weniger auf die gesamte Talumrahmung. Sie war begünstigt durch die 1875 in Betrieb genommene Westbahn mit der nahen Schnellzugsstation Zell am See. Die vom Alpenverein geförderte Kaprun-Mooserbodenstraße darf als ein nördliches Gegenstück der Glocknerhausstraße (ab Heiligenblut), die, ebenfalls um die Jahrhundertwende, von der AV-Sektion Klagenfurt geschaffen wurde, gelten. Sie bestand als Fahrstraße bis zum Kesselfall und als Reitweg (Karrenweg) über den Wasserfallboden bis zum Mooserboden (Hotel Mooserboden, 1962 m). Beim Kesselfall konnten die Gäste von Maultieren gezogene zweirädrige Wagen besteigen und mit diesen fast 2000 m Höhe erreichen. Gleich anschließend wird zu beschreiben sein, wie man ein halbes Jahrhundert später auf ganz anderen Wegen und mit ganz anderen Verkehrsmitteln dieses Ziel erreichen kann.

Der Bau der gewaltigen Tauernkraftwerke Glockner-Kaprun, schon vor dem Krieg projektiert, fällt in die Zeit ab 1938, bzw. hauptsächlich in die schweren Nachkriegsjahre 1945 bis 1954. Diese Großbaustelle im Hochgebirge wurde zu einem Symbol für den Aufbauwillen Österreichs. Die zwei großen Böden des Kapruner Tales, der Mooserboden und der Wasserfallboden, wurden durch Errichtung von über 100 m hohen Staumauern in Speicher verwandelt. Diese künstlichen Hochgebirgsseen inmitten einer prächtigen Bergwelt und dazu die eindrucksvollen technischen Anlagen locken jährlich mehrere hunderttausend Besucher an. Die Gäste fahren mit dem eigenen Fahrzeug oder mit Autobus bis zum Parkplatz Kesselfall-Alpenhaus und steigen dort in einen Autobus um, der sie zum Lärchwand-Schrägaufzug bringt. Dieser Aufzug befördert die Besucher bei 431 m Höhendifferenz bereits auf 1650 m Meereshöhe. Im Autobus wird anschließend am Westufer der Stausee Wasserfallboden passiert und die Stufe zum Mooserboden überwunden. Angesichts dieses 3 km langen oberen Stausees, zu dem rückwärts das immer noch ansehnliche Karlingerkees herabreicht, endet die bequeme und genußreiche Fahrt in über 2000 m Meereshöhe.

Gleichfalls im Zusammenhang mit dem Kraftwerksbau wurde Ende 1954 der südwestlich von Kaprun gelegene Maiskogel durch eine Gondelseilbahn erschlossen. Die Wohnbevölkerung der Gemeinde Kaprun ist durch diese Impulse stark angewachsen (1938: 820 Einwohner; 1961: 2214 Einwohner)[26], Kaprun wurde eine der wohlhabendsten Gemeinden des Landes. Nur unter diesen Voraussetzungen konnte hier in den letzten Jahren eine Verkehrsanlage gebaut werden, die vom Tal aus in über 3000 m Höhe führt: Die Seilbahn zum Kitzsteinhorn wird das ganze Jahr über von Skifahrern benützt. Diese Erschließung der westlichen Talseite findet in den Hohen Tauern nur ein Gegenstück im später zu besprechenden Gasteiner Tal.

## Fuscher Tal und Fuscher-Heiligenbluter Tauern (2575 m)

Noch früher und stärker hielten Touristik und Fremdenverkehr im Fuscher Tal ihren Einzug. Dies ist wegen der landschaftlichen Reize des Tales, insbesondere des großartigen Talschlusses, verständlich. Dazu kommt, daß am Talausgang seit 1875 die Westbahn vorbeiführt und das Fuscher Tal, das einer verkehrsmäßigen Erschließung kaum Hindernisse entgegenstellt, ein Hauptweg zum Glockner und zur Pasterze wurde. Das 1876 eröffnete Glocknerhaus, nahe diesem längsten und berühmtesten Gletscher der Ostalpen, war aus nördlicher Richtung am schnellsten über die Pfandlscharte (2663 m) erreichbar. Wie beliebt dieser Übergang, obwohl vergletschert, um die Jahrhundertwende war, kann bei SCHJERNING (1897, S. 85) nachgelesen werden: „Dennoch ist, wie schon hervorgehoben wurde, die Pfandlscharte der bei weitem am meisten begangene Übergang über die gesamte Kette der Hohen Tauern geworden." Nachdem

[26] Ganz anders noch WEIDMANN (II, 1845, S. 59): „Der Ort Kaprun ist ein kleines, unbedeutendes Dörfchen..."

bereits 1877 der Gemeindeweg aus dem Salzachtal nach dem Dorfe Fusch zur Landesstraße (!) erhoben worden war, wurde er im darauffolgenden Jahr großzügig ausgebaut. Auf dieser 1904/05 bis Ferleiten fortgesetzten Straße verkehrte ab 1926 eine Autobuslinie.

Ein Verkehrstyp, der in dieser Form fast verschwunden ist, war der die Seitenkämme der Hohen Tauern übersetzende Nachbarschaftsverkehr von Tal zu Tal. In den westlichen Tälern war er nie nennenswert, da dort eine ausreichende Besiedlung fehlt und überdies die Kämme im allgemeinen höher und steiler sind. Ein solcher West-Ost-Weg verbindet Fusch über Bad Fusch und die Weichselbachhöhe (2218 m) mit dem Rauriser Tal. Der im Hintergrunde befindliche Übergang über das Fuscher Törl ins Seidlwinkl Tal, bzw. weiter über das Hochtor, war in den Zeiten des Bergbaues stark begangen. Spuren des Goldbergbaues findet man unter anderem am Kloben, am Brennkogel und am Hochtor. Ebenfalls dem historischen Verkehr – zumindest vorläufig – gehört der Bäderverkehr nach Bad Fusch an. Bad Fusch mit seinen kohlensäurehaltigen Quellen galt noch im vorigen Jahrhundert als das berühmteste Heilbad Salzburgs nach Gastein. Eine 4 km lange Straße dorthin wurde 1891 bis 1893 von Fusch aus angelegt.

Demgegenüber erlebte ein schon in vorgeschichtlicher Zeit begangener Weg in unserem Jahrhundert einen ungeahnten Aufstieg, nämlich der Nord-Süd-Weg über das Fuscher Törl und das Hochtor (Fuscher-Heiligenbluter Tauern). Reste einer römischen Straßenanlage (Saumweg) und das Vorhandensein von Tauernhäusern[27] legen auch seine häufige Begehung in späteren Jahrhunderten nahe. Auf die Funktion als „oberer Weg" von Salzburg nach Gemona ist schon früher hingewiesen worden. Die Tauernüberquerung von Ferleiten über das Fuscher Törl und das Hochtor nach Heiligenblut, für die neun Wegstunden gerechnet werden können, ist überdies durch die jahrhundertealte „Pinzgauer Wallfahrt" ausgezeichnet. Alljährlich am 28. Juni (Vortag des Festes Peter und Paul) versammeln sich die Wallfahrer in Ferleiten um 4 Uhr früh zur Gemeinschaftsmesse. Dann treten die derzeit im Durchschnitt 400 Teilnehmer[28] die Pilgerfahrt über alte und neue Wege an und treffen etwa um 5 Uhr nachmittags in Heiligenblut ein. Eine abgekommene Wallfahrt ist die in umgekehrter Richtung nach St. Wolfgang in der Fusch (Bad Fusch). LAHNSTEINER (1960, S. 191) schreibt darüber: „1735 wird berichtet, daß von Heiligenblut herüber alle Jahre eine Wallfahrt zum hl. Wolfgang stattfindet."[29]

Die große Stunde für das Fuscher Tal schlug aber erst am 3. August 1935, als nach fünfjähriger Bauzeit die „Großglockner Hochalpenstraße" ihrer Bestimmung übergeben wurde. Wie schon erwähnt, war durch die Abtrennung Südtirols eine Straßenverbindung über die Hohen Tauern dringend notwendig geworden, nachdem schon vorher die mit 156 km weitaus größte Verkehrslücke des Alpenhauptkammes zwischen Brenner und Radstädter Tauern die Straßenbauer auf den Plan gerufen hatte. Daß gerade dieser Übergang gewählt wurde, ist wohl hauptsächlich auf zwei Umstände zurückzuführen: Die einzigartige Bergwelt um den Großglockner und den Erbauer Ing. Wallack, der mit Energie, Zähigkeit und großer Begeisterung sein Projekt ausführte. Vorausschauende Persönlichkeiten sahen nach dem Zerfall der Donaumonarchie in der Förderung des Fremdenverkehrs eine besondere Chance für Österreich. So wurde diese Straße ihrer ganzen Anlage nach eine ausgesprochene Fremdenverkehrsstraße. Schlagwortartig seien hier nur einige wenige Daten über diese Straße angeführt, da darüber ja eine zahlreiche, bis ins Detail gehende Literatur[30] vorhanden ist. Die Glocknerstraße mit einer Höchststeigung von 12 % besteht aus der Scheitelstrecke über das Fuscher Törl und das Hoch-

[27] Ferleiten: Im 15. Jahrhundert entstanden durch Teilung zwei Tauernhäuser. 1821 wurden diese beiden Ferleitengüter wieder vereinigt (PIRCKMAYER, 1888, S. 324f.).

[28] Die höchste Teilnehmerzahl war 1945 mit 700 zu verzeichnen. Früher, etwa um die Jahrhundertwende, fanden sich meist etwas über 50 Teilnehmer aus Fusch und einigen umliegenden Gemeinden ein.

[29] Die Wallfahrt in ihrer traditionellen Form als Fußwanderung dürfte einen festen Platz im Verkehrsgeschehen der Tauernpässe gehabt haben. So finden sich unter den Tauernopfern der Mittersiller Matrikeln (Felber Tauern) auch Wallfahrer nach und von Altötting.

[30] Zum Beispiel WALLACK, 1960, mit vielen Literaturangaben. Ein geographischer Führer stammt von LENDL (1953).

tor (hier 311 m langer Scheiteltunnel in 2505 m Höhe), einer 1,6 km langen Aussichtsstraße auf die 2571 m hohe Edelweißspitze, von der sich der Blick auf 37 Dreitausender und 19 Gletscher eröffnet (WOLFF, 1940, S. 170), und der 8,7 km langen Gletscherstraße, die in 2362 m Höhe oberhalb der Pasterze endet. Von der Eröffnung am 3. August 1935 bis zum 31. Dezember 1968 wurden beinahe 18½ Millionen Benützer dieser Straße gezählt. Die derzeitige Jahresfrequenz übersteigt fast immer eine Million Personen, bzw. 300 000 Fahrzeuge. An Spitzentagen passieren über 4000 Autos die Mautstellen; die vorhandenen Park- und Abstellplätze für über 3300 PKW-Einheiten unterstreichen nochmals eindrucksvoll den Charakter der Straße. Obwohl die Wintersperre durch eine sehr leistungsfähige Schneeräumung verkürzt werden konnte, ist nach wie vor die Witterungsabhängigkeit der Straße ein großer Nachteil. Meist ist die Scheitelstrecke über 200 Tage im Jahr befahrbar, und zwar von April/Mai bis November/Dezember. Wenngleich durch die Glocknerstraße die Bevölkerungszahl in Fusch nicht überdurchschnittlich angestiegen ist, so lebt doch ein Großteil der Familien dieses Tauerntales in irgendeiner Form auch von der Straße[31].

## Rauriser Tal und Rauriser-Heiligenbluter Tauern (2575 m)

Das im Osten anschließende Rauriser Tal hat heute verkehrsmäßig den Nachteil, daß es zwei bereits gut aufgeschlossene Täler zu Nachbarn hat. Deshalb sind wohl auch seine beiden Quelltäler heute Sackgassen. Immer war dies nicht so, denn das Seidlwinkl Tal bildete in der Zeit des Saumverkehrs eine echte Konkurrenz gegenüber dem Fuscher Tal. Auch hier stand nämlich ein Tauernhaus und der Goldbergbau in der Rauris übertraf den in der Fusch bei weitem. Ein Vorzug des Rauriser-Heiligenbluter Tauern gegenüber dem Fuscher-Heiligenbluter Tauern war die Begehbarkeit im Winter.

Die 2328 Talbewohner (1961)[32] – in der Blütezeit des Bergbaues dürften es mehr gewesen sein –, deren geschlossener Dauersiedlungsraum immerhin 18 km weit ins Tal hinein reicht, benötigen allein für den Eigenbedarf ein schon ansehnliches Verkehrsnetz.

Obzwar auch dieses Tal gleich den beiden letzten zu besprechenden Tälern in einer Schlucht ausmündet, konnte der Talboden des Rauriser Tales schon früh ohne größere Umwege und technische Schwierigkeiten über die Terrassen der Salzach erreicht werden. Nur die Wegstrecken an den etwa zwei Kilometer langen steilen Flanken des Talausganges erforderten einige Mühe. Die Saumwege wurden schon vor dem Sommer 1500 durch eine Straße von Lend über Embach nach Rauris ersetzt (KLEIN, 1959, S. 81). Allein dem Fußgänger steht seit 1877 auch der direkte Weg durch die Kitzlochklamm zur Verfügung. Nach Ausbau der Straße Taxenbach – Rauris benützt der Verkehr seit der Jahrhundertwende die Westseite der Talmündung. Der Hauptort Rauris war von 1377–1802 Sitz eines eigenen Landgerichtes. Wörth, an der Vereinigung der beiden Quelläste Hüttwinkl Tal und Seidlwinkl Tal gelegen, hatte als Umschlagplatz vom Saumpferd auf den Wagen und Karren Bedeutung. Durchzugsverkehr, wahrscheinlich seit dem beginnenden 15. Jahrhundert (PIRCKMAYER, 1888, S. 336), gab es nur durch das Seidlwinkl Tal[33] gegen den Rauriser – Heiligenbluter Tauern hinauf. Ein Tauernhaus besteht hier seit 1491. Die Rolle dieses Tauern wich nicht stark von der anderer Tauern ab. Bis in unsere Tage hielt sich wie im Krimmler Achental der Almauftrieb über die Wasserscheide: Die fünf im Seidlwinkl Tal gelegenen Gemeinschaftsalmen gehören teils ganz, teils durch Anteilsrechte zu Gütern südlich des Hauptkammes (KEIDEL, 1936, S. 32). Die Übergänge aus dem Hintergrund des Hüttwinkl Tales nach Kärnten dürften nur von Bergknappen[34] und Schmugglern (Salzträgern) benützt worden sein. Die

[31] Maut, Tankstellen, Reparaturwerkstätten, Abschleppdienst, Straßenbau und -instandhaltung, Schneeräumung, Gastgewerbe, Beherbergung, Reiseandenken u. a.

[32] Das ganze Tal ist heute eine Gemeinde; die der Fläche nach größte des Landes Salzburg: 253 km².

[33] Es trug im Volksmund bis ins 19. Jahrhundert den bezeichnenden Namen „Taurnwinkel" (PRINZINGER, 1867, S. 56).

[34] Auf der Salzburger Seite arbeiteten viele Bergleute aus Kärnten (GRUBER, 1902, S. 269).

Bezeichnungen „Goldbergtauern" oder „Goldberg – Fragant Tauern" für die Fraganter Scharte (2753 m) und die Niedere Scharte (2695 m), beide sind Gletscherübergänge ins mittlere Mölltal hinüber, dürften erst im 18. Jahrhundert aufgekommen sein (KLEIN, 1965, S. 438f.). Im Hüttwinkl Tal konnte die alpine Erschließertätigkeit an Wege und Bauten aus der Bergbauzeit anknüpfen. Die lohnenden Ziele im Hintergrund, einige leicht ersteigbare Dreitausender, unter denen der Hohe Sonnblick (3105 m) mit seinem Gipfelschutzhaus und seiner Wetterwarte eine Vorrangstellung einnimmt, waren freilich Voraussetzung für den Touristenverkehr. Der Bergsteiger kann auf einer Straße, die auch vom Postautobus befahren wird, mühelos bis an den Talschluß nach Kolm Saigurn (1628 m) gelangen, wo sich die Talstation einer Materialseilbahn auf den Hohen Sonnblick befindet. Fast in Vergessenheit geraten ist dagegen das Seidlwinkl Tal. Sein alter und einziger Stützpunkt, das Tauernhaus, mußte wegen zu geringen Besuchs die Pforten schließen.

## Gasteiner Tal und Niederer, Naßfelder oder Mallnitzer Tauern (2464 m), beziehungsweise Hoher oder Korntauern (2460 m)

Folgende Gegebenheiten gestalteten die Verkehrsentwicklung des Gasteiner Tales: Ehemals ergiebiger Goldbergbau, zwei von uralten Saumwegen gequerte Tauernübergänge, Tauernbahn, Thermalquellen, gute Wintersportmöglichkeiten, große Bevölkerungsdichte.

Der Saumhandel über den Naßfelder Tauern[35] und den Korntauern war eng mit dem Goldbergbau in der Gastein verknüpft. So ist aufgrund der Verbindung der Handelsbeziehungen der Gewerken mit den Handelsinteressen der Fugger und anderer süddeutscher Häuser (Venedighandel) die Anlage eines etwa vier Meter breiten Fahrweges über den Korntauern bemerkenswert. Daß diese heute noch in Bruchstücken vorhandene Kunststraße auf die Fugger und auf die Zeit um 1500 zurückgeht, darf als gesichert gelten (PREUSS, 1939, S. 90). Die zahlreiche Bergbaubevölkerung mußte mit Lebensmitteln, anderen Bedarfsgegenständen, aber auch – wie die reichen Gewerken – mit Luxusartikeln versorgt werden. Der innige Zusammenhang der Bergbaue des oberen Mölltales, des Rauriser und Gasteiner Tales drückte sich in einem lebhaften Berufsverkehr im alpinen Ödland aus. Zu den zwei genannten Nord-Süd-Übergängen, von denen der über den Naßfelder Tauern frequentierter war[36], der über den Korntauern wegen seiner Begehbarkeit im Winter eine Rolle spielte, kamen zahlreiche weitere Verbindungswege – von der einfachen Wegspur bis zum Fahrweg mit aufwendigen Kunstbauten.

Auch im Tal selbst stand hinter dem Wege- und Straßenbau mehr Nachdruck als in den anderen Tauerntälern. Dabei galt es gleich am Taleingang ein ausgeprägtes Verkehrshindernis zu überwinden: Die Schluchtstrecke mit weit hinauf felsigen Flanken und einem Gefälle von 200 m stellte die Straßenbauer lange Zeit vor ein Problem. So ist es nicht verwunderlich, daß ehemals statt der 200 m fast 800 m von der Salzach aus (400 m von Embach aus) zu überwinden waren, um auf dem Saumpfad über die „drei Waller" westlich der Klamm ins Tal zu gelangen. Seit dem 13. Jahrhundert soll es auch einen, allerdings nicht ganz ungefährlichen Reitweg durch die Klamm gegeben haben. Erst 1503 wurde eine Straße durch die Schlucht gesprengt. Auch für Fuhrwerke benützbar wurde sie nach umfangreichen Arbeiten in den dreißiger Jahren des 16. Jahrhunderts. Um die Mitte des 16. Jahrhunderts verlängerten die Gewerken die Straße für ihre Zwecke von Badgastein nach Böckstein und anschließend sogar bis ins Naßfeld hinauf.

Gastein, als Bad von Weltruf, mitten in einer herrlichen Hochgebirgslandschaft, drängte auf Anschluß an das in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts entstandene

[35] Das Tauernhaus (heute Ruine), das unterhalb der heutigen Hagener Hütte auf Kärntner Gebiet stand, war eine Spätgründung. Erst im Frühjahr 1836 wurde es eröffnet; Bewirtschaftung vom 1. Mai bis 31. Oktober. Sein Zweck war ähnlich dem der klassischen Tauernhäuser, auch hier war ein „Tauernknecht" angestellt.

[36] Auch über den Naßfelder Tauern findet ein Almauftrieb statt. Die große Naßfeldalm war bis 1573 nur von Kärntnern bezogen worden; heute haben sie noch Weiderechte (WEIDMANN, II, 1845, S. 131f.).

Eisenbahnnetz. Der Postwagenverkehr vor ungefähr hundert Jahren unterstreicht deutlich die Stellung Badgasteins: Während Salzburg – Gastein in der Hochsaison täglich befahren wurde, konnte man von Salzburg aus nur zweimal in der Woche über den Radstädter Tauern gelangen! (KELLNER, 1950, S. 184). Die 1905 von Schwarzach – St. Veit bis Badgastein eröffnete Tauernbahn, die nach Fertigstellung des 8,6 km langen Tunnels zwischen Böckstein und Mallnitz 1909 durchgehend befahren werden konnte, passieren heute nicht selten hundert Züge am Tag. Schon seit Jahren bewältigt diese Strecke nahezu 40 % des gesamten Transitgüterverkehrs der Österreichischen Bundesbahn (PONTASCH, 1967, S. 89). Verbesserungen der Straßenverhältnisse sind seit dem 16. Jahrhundert mehrmals vorgenommen worden, am großzügigsten waren sie ab den fünfziger Jahren dieses Jahrhunderts, als die Gasteiner Bundesstraße im Zusammenhang mit den alpinen Skiweltmeisterschaften 1958 in Badgastein neu trassiert wurde. Bis heute sind Straßenprojekte, die eine Querung des Alpenhauptkammes vom Gasteiner Tal aus zum Ziel haben, nicht zur Verwirklichung gelangt. Der Durchschleusverkehr durch den Tauerntunnel, vor dem Zweiten Weltkrieg aufgenommen und im Laufe der Zeit stark verbessert, blieb bis heute ein übermächtiger Gegenspieler. Wäre nicht schon ursprünglich die 12 km lange Strecke von Böckstein nach Mallnitz zweigleisig errichtet worden (die Tauernbahn ist sonst nur eingleisig), hätte sie kaum den Straßenbauplänen standhalten können. Wie alle Nord-Süd-Wege durch das westliche Österreich, zeichnet sich auch diese absolut wintersichere Tauernquerung durch eine sehr einseitige Belastung im Sommer aus. Auf die Monate Juni bis September entfallen etwa 80 % der Gesamtjahresfrequenz. Spitzentage im Sommer (über 9500 Kfz) übertreffen die schwächsten Wintermonate (nur 8000 Kfz)! Ab Sommer 1967 wurde durch weitere Rationalisierung die Kapazität auf 425 Kraftfahrzeuge je Stunde und Richtung erhöht und nach Angaben von PONTASCH (1967, S. 92) könnte mit verhältnismäßig geringen Mitteln nochmals eine Steigerung um 60–80 % erzielt werden.

Allerdings besteht die Möglichkeit, daß doch noch einer der beiden alten Tauernübergänge eine Straße erhält. Diese könnte zustandekommen im Zusammenhang mit der Schaffung des Wintersportzentrums „Innergastein". Auch Gastein möchte nämlich den Wintersportbetrieb bis in die Gletscherregion ausdehnen. Eine wintersichere Straße von Böckstein ins Naßfeld hinauf – eine notwendige Voraussetzung für dieses große Vorhaben – entsteht wahrscheinlich gleichzeitig mit Kraftwerksbauten. Vom Naßfeld aus würde nach den derzeitigen Überlegungen eine Aussichtsstraße zum Naßfelder Tauern hinaufgeführt und damit eine Verbindung mit Kärnten hergestellt werden. Wie in den Zeiten des Goldbergbaues soll in dieses Fremdenverkehrsgebiet auch das hinterste Rauriser Tal einbezogen werden. Das könnte auch zu einer Neubelebung des 1945 fertiggestellten 4,9 km langen Stollens aus dem Naßfeld nach Kolm Saigurn führen. Durch ihn hatte bereits zwischen 1947 und 1951 eine Kleinbahn Personen befördert. Da sie damals nicht rentabel war, wurde sie stillgelegt (SCHAUP-WEINBERG, 1968, S. 559–564).

Dem Wintersportler bietet das Gasteiner Tal auch heute schon ein reiches Betätigungsfeld. Die Talflanken sind durch zwei Seilbahnen und zahlreiche Lifte erschlossen. Diese Hänge hinauf winden sich auch mehrere alte Wege, die Verbindungen mit den Nachbartälern herstellen. Die einheimische Bevölkerung macht von diesen Wegen heute nur mehr wenig Gebrauch. Die bekanntesten Steige ins Rauriser Tal führen über die Luggauerscharte (2045 m), die Stanz (2098 m) und die Bockhartscharte (2226 m); ins Großarltal leiten über: das Arltörl (1799 m), die Perastlscharte (1834 m) und die Toferer-scharte (2090 m).

Der Aufstieg des Gasteiner Tales hängt natürlich mit der schon im Bergbauzeitalter dichten Besiedlung zusammen. Die weitere wirtschaftliche Entwicklung, in erster Linie an das Thermalwasser und die Eisenbahn geknüpft, brachte dem Tal starke Zuwanderung Seine Einwohnerzahl wuchs von 4372 im Jahre 1890 auf 11 614 im Jahre 1961 (+ 166 %). Dies bedeutet auch, daß heute auf das Gasteiner Tal 60 % aller Bewohner der behandelten Tauerntäler entfallen (1890 waren es 46 %)[37].

[37] Mit Einschluß des Großarltals, aber ohne die an den Talausgängen wohnende Bevölkerung von Krimml und Kaprun (Ort).

## Großarltal

Das Großarltal als das letzte unter den Tälern, die vom Norden bis zum Hauptkamm der Hohen Tauern zurückgreifen, hat mit der Arlscharte (2259 m) den niedrigsten Übergang nach Süden. Wegen der verhältnismäßig ungünstigen Verbindung, die ermöglicht wird, und der Beschwerlichkeit des Weges über diese Scharte war das Großarltal wohl nie ein wichtiger Anmarschweg nach Süden. Ein Hindernis stellte zudem die Mündungsschlucht dar, die noch schwieriger zu meistern war als die Gasteiner Klamm. SEEFELDNER (1961, S. 279) schreibt: „Da das Tal in ältester Zeit infolge der Unzugänglichkeit der Mündungsschlucht nur vom Gasteiner Tal aus über das Arltörl erreicht werden konnte, wurde 1566 oberhalb der Liechtensteinklamm ein Fahrweg angelegt, um das Bergbaugebiet mit der Außenwelt besser zu verbinden."[38] Die ehemaligen Bergbaue[39] dieses Tales lassen die ziemlich dichte Besiedlung bis zurück an den Talschluß verständlich erscheinen. Der Vorteil des Großarltales ist heute seine günstige Lage zum Pongauer Salzachtal, einem wirtschaftlichen Schwerpunkt des Landes Salzburg. Da dieses Tal überdies durch eine sehr hohe Geburtenziffer ausgezeichnet ist, nahm die Talbevölkerung zwischen 1890 und 1961 um immerhin 57 % zu.

Sehr regen Verkehr weist im Sommer ein kleiner Abschnitt am Austritt der Großarler Ache auf: Die Liechtensteinklamm. Sie ist seit 1878 durch eine kühne Weganlage erschlossen[40].

Eine Zusammenfassung über die Verkehrssituation bieten die Tabelle und drei Kärtchen. Wir hatten gesehen, daß die uralte Nord-Süd-Verkehrsspannung zwischen Süddeutschland und Oberitalien aufgrund der geographischen Lage zu einem Verkehr selbst über die Hochpässe der Hohen Tauern führte. Nach der „Mehrgeleisigkeit" (WOPFNER, 1933, S. 143 u. a.) vor dem Fuhrwerksverkehr erfolgte die stärkste Konzentrierung im Eisenbahnzeitalter. Damals waren die Hohen Tauern bis 1909 überhaupt aus dem Nord-Süd-Verkehr ausgeschaltet. Das Automobilzeitalter brachte eine teilweise Rückkehr zur „Mehrgeleisigkeit". Die durch den nach Süden gerichteten Fremdenverkehr verstärkte Verkehrsspannung hat zu neuen Wegen Anlaß gegeben. Der Wandel der Verkehrstechnik vom steilen Saumweg ohne nennenswerte Kunstbauten über die kurvenreiche Rampe und den Scheiteltunnel zum Basistunnel ist dabei in den Hohen Tauern sehr gut zu verfolgen. Innerhalb nur dreier Jahrzehnte (1935–1966) sind drei ihrer Art nach ganz verschiedene Querungen der Hohen Tauern zustande gekommen:

a) Nicht wintersichere Überschreitung mit nur kurzem Scheiteltunnel (Glocknerstraße); b) Autoverladung durch Eisenbahntunnel; verkehrswichtig erst seit dem in die Nachkriegszeit fallenden Ausbau der Zufahrten (Tauerntunnel); c) wintersichere Straßenverbindung mit 5,2 km langem Tunnel (Felbertauernstraße). Relativ gesehen, dürften die Hohen Tauern damit heute an einem Höhepunkt ihrer Fernverkehrsdurchdringung angelangt sein, denn die zwei im Bau befindlichen Autobahnen, die den Hauptkamm der Ostalpen in nächster Nähe westlich und östlich queren, werden nicht ohne Auswirkung bleiben.

Der Empfindlichkeit des Fernverkehrs gegenüber Änderungen politischer und wirtschaftlicher Art, oft gegenüber einer einzelnen Maßnahme, steht der viel stetigere Nah- und Lokalverkehr gegenüber. Hier spielen die Einwohnerzahl, die Verteilung der Siedlungen und das räumliche Zueinander von Wohn- und Arbeitsstätten eine große Rolle. Die bisher nicht oder nur schwach bevölkerten westlichen Tauerntäler werden aufgrund ihrer Beschaffenheit auch in Zukunft kaum Dauersiedlungen, noch auch viele neue Verkehrsbauten erhalten. In den östlichen Tälern aber, in denen ganze Gemeinden liegen, wird das Verkehrsnetz weiter ausgestaltet werden, sowohl für den Bedarf der Wohn-

[38] Das Arltörl (1799 m) ist nicht zu verwechseln mit der Arlscharte (2259 m)!

[39] Zum Beispiel Mitte des 19. Jahrhunderts hier wichtigster Kupferbergbau Salzburgs (WEIDMANN, I, 1845, S. 282).

[40] Vgl.: Kitzlochklamm (Rauriser Tal) teilweise zugänglich 1833, durchgehend 1877; Siegmund Thun Klamm (Kaprun): Weg 1895 eröffnet.

bevölkerung, als auch für den des Sommer- und Wintergastes. Die Entwicklung der Einwohnerzahlen in den Tauerntälern ist ziemlich ungleich: Das starke Übergewicht der drei östlichen Tauerntäler – von den über 20 000 Einwohnern aller nördlichen Täler entfallen auf diese fast neun Zehntel – scheint sich eher noch zu verstärken. Ein Reiz der Salzburger Tauerntäler liegt gerade darin, daß sie trotz der Gleichförmigkeit, die eine Landkarte kleineren oder mittleren Maßstabs vortäuschen kann, auch ihrer Kulturlandschaft nach ausgeprägte Individualitäten sind. Auch das ist letztlich in der ungleichen natürlichen Ausstattung begründet, seien es Unterschiede im Längs- und Querprofil, in der Beschaffenheit des Talhintergrundes oder im Vorhandensein besonderer Gaben der Natur.

## LITERATURNACHWEIS


ARNOLD, CARL: Der Heidenweg über den Hoch- oder Korntauern. In: „Mittheilungen des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins". Wien. Bd. VI (XVI), Jg. 1890. S. 166–168.

FINSTERWALDER, KARL: „Tauern" auch außerhalb der Zentralalpen – Schicksale und mögliche Herkunft des Gebirgsnamens. In: „Jahrbuch des Österreichischen Alpenvereins 1968 (Alpenvereinszeitschrift, Bd. 93)". Innsbruck. S. 107–113.

GRUBER, HANS: Der Goldberg in den Hohen Tauern. Monographische Skizze. In: „Zeitschrift des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins". Innsbruck. Bd. XXXIII, Jg. 1902. S. 249–280.

KEIDEL, FRANZ: Die Almen und die Almwirtschaft im Pinzgau. Eine heimatkundliche Studie. Zell am See. 1936.

KELLNER, OTTO: Geschichte des Salzburger Verkehrswesens ab 1850. Diss. phil. Univ. Innsbruck (maschinschr.) Innsbruck. 1950.

KERSCHNER, BRUNO: Almauftrieb in den Hohen Tauern. In: „Der Bergsteiger". München-Wien. Jg. 7 (XV), H. 9, Juni 1937. S. 587–593.

KLEIN, HERBERT: Salzburger Straßenbauten im 18. Jahrhundert. In: „Mitteilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde". Salzburg. 99. Bd., 1959. S. 81–110.

– „Die Salzburger Alpenstraßen und ihre Bedeutung für den mittelalterlichen und neuzeitlichen Verkehr. In: Bericht über den sechsten österreichischen Historikertag in Salzburg 1960 = „Veröffentlichungen des Verbandes Österreichischer Geschichtsvereine 14". (Wien). 1961. S. 20–35.

– Festschrift für – : Beiträge zur Siedlungs-, Verfassungs- und Wirtschaftsgeschichte von Salzburg. Gesammelte Aufsätze von HERBERT KLEIN = 5. Ergänzungsband der Mitteilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde. Hrsg. von der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde. Salzburg. 1965. Daraus zitierte Aufsätze (In Klammer: Jahr der Erstveröff.):
  Besiedelung im Mittelalter, S. 11–18 (1955)
  Zur Geschichte Felbens und des Felber Tales, S. 19–31 (1942)
  Das Große Sterben von 1348/49 und seine Auswirkungen auf die Besiedelung der Ostalpenländer, S. 33–113 (1960)
  Brenner und Radstädter Tauern, S. 411–425 (1947)
  Der Saumhandel über die Tauern, S. 427–503 (1950)

KÜRSINGER, IGNATZ VON: Ober-Pinzgau, oder: Der Bezirk Mittersill. Eine geschichtlich, topographisch, statistisch, naturhistorische Skizze. Salzburg. 1841.

LAHNSTEINER, JOSEF: Oberpinzgau von Krimml bis Kaprun. Eine Sammlung geschichtlicher, kunsthistorischer und heimatkundlicher Notizen für die Freunde der Heimat. Hollersbach. 1956.

– Unterpinzgau. Zell am See, Taxenbach, Rauris geschichtlich und heimatkundlich beschrieben. Hollersbach. 1960.

LENDL, EGON: Die Großglockner-Hochalpenstraße. Geographischer Führer. Hrsg. von der Geographischen Gesellschaft. Wien. o. J. (1953).

MAY DE MADUS, LEOPOLD: Die Straße über die Hohen Tauern bei Heiligenblut. In: „Oesterreichische Touristen Zeitung". Wien. VI. Bd., 1886. S. 85–88.

OBERWALDER, LOUIS und DIETMAR KECHT: Die Felbertauern Straße. Ein Bildführer. Innsbruck-Wien-München. 1967.

PIRCKMAYER, FRIEDRICH: Die salzburgischen Tauern mit besonderer Rücksicht auf Tauernhäuser und Tauernpfründen. Archivsbericht zum Regierungs-Auftrage vom 19. Jänner 1886, Z. 473. In: „Verhandlungen des Salzburger Landtages". Salzburg. V. Session, 6. Periode 1888. S. 293–376.

PONTASCH, HANS: Der Autodurchschleusverkehr durch den Tauerntunnel. In: „Berichte zur Raumforschung und Raumplanung". Wien. 11. Jg., 1967. S. 87–92.

PREUSS, RUDOLF: Landschaft und Mensch in den Hohen Tauern. Beiträge zur Kulturgeographie. Würzburg. 1939.

PRINZINGER, A(UGUST): Die Tauern. In: „Mittheilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde". Salzburg. Bd. VII. 1867. S. 46–78.

– Ueber einige „Heidenwege" im salzburgischen Gebirge, insbesondere über den Korntauern. In: „Mittheilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde". Salzburg. Bd. XXVIII. 1888. S. 178–201.

REISIGL, FRANZ ANTON: Topographisch-historische Beschreibung des Oberpinzgaus im Erzstifte Salzburg. Salzburg. 1786.
SCHAUP-WEINBERG, WILHELM: Badgastein. Die Geographie eines Weltkurortes. Diss. phil. Univ. Salzburg. (maschinschr.) Salzburg. 1968.
SCHJERNING, WILHELM: Der Pinzgau. Physikalisches Bild eines Alpengaues = Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde. Leipzig. 10. Bd., H. 2. 1897.
SCHUELLER, HARALD: Almauftrieb in Schnee und Eis. In: „Mitteilungen des Österreichischen Alpenvereins". Innsbruck. Jg. 23 (93). 1968. S. 126–127.
SEEFELDNER, ERICH: Salzburg und seine Landschaften. Eine geographische Landeskunde. Salzburg/Stuttgart. 1961.
SIDARIČ, MARIAN: Die Grenzen von Salzburg. Ihre geographischen Eigenschaften und historischen Grundlagen. Diss. phil. Univ. Graz. (handschr.) Graz. 1917.
SONKLAR, KARL VON: Die Gebirgsgruppe der Hohen-Tauern, mit besonderer Rücksicht auf Orographie, Gletscherkunde, Geologie und Meteorologie. Wien. 1866.
STOIS, ADOLF: Der Felbertauern und seine Geschichte. Alte und neue Straßenbaupläne. Der Weg über den „Tauern". In: „Osttiroler Heimatblätter" = Beilage der „Lienzer Nachrichten". Lienz. 11. Jg., 1933. H. 1/5. S. 1–21.
STOLZ, OTTO: Geschichte von Osttirol im Grundriß. In: Osttirol. Festschrift, hrsg. anläßlich der Einweihung des Bezirks-Kriegerdenkmales in Lienz. Hrsg. vom Denkmalausschuß. Lienz. 1925. S. 136–212.
STOLZ, OTTO: Anschauung und Kenntnis der Hochgebirge Tirols vor dem Erwachen des Alpinismus. 2. Teil. In: „Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins". München. Bd. 59, Jg. 1928. S. 15–66.
WALLACK, F(RANZ): Die Großglockner-Hochalpenstraße. Die Geschichte ihres Baues. Zweite, anläßlich der 25-Jahr-Feier der Großglockner-Hochalpenstraße ergänzte und erweiterte Auflage. Wien. 1960.
(WEIDMANN, F. C.): F. C. WEIDMANN's Touristen-Handbuch für Salzburg. I, II. Wien. 1845.
WOLFF, KARL FELIX: Glocknerstraße und Ahnenwege. Geschichte und Sage rund um die Tauern. In: „Zeitschrift des Deutschen Alpenvereins (Jahrbuch)". München. Bd. 71, Jg. 1940. S. 170–174.
WOPFNER, H(ERMANN): Wandlungen des Verkehrsnetzes in den Ostalpenländern. In: „Geographischer Jahresbericht aus Österreich". Leipzig und Wien. Bd. XVI. 1933. S. 132–156.

## Einige ausgewählte Verkehrsfunktionen der Tauernübergänge

| Funktion[1] | Zum Vergleich: Brenner 1370 m | Krimmler Tauern 2633 m | Felber Tauern 2481 m | Kalser o. Stubacher Tauern 2518 m | Fuscher- Rauriser- Heiligenbluter Tauern 2575 m | Mallnitzer Tauern 2464 m | Korn-Tauern 2460 m | Zum Vergleich: Radstädter Tauern 1739 m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Almauftrieb mit Paß-Überquerung | × | ⫩ | — | — | — | + | — | × |
| Saumverkehr (hauptsächlich Salz-Wein im allgemeinen bis Ende 18. Jhdt.) | ⫩[2] | ⫞ | ⫩ | + | + | ⫩ | ⫞ | ⫩[3] |
| Schmuggel (Paß als Grenze) | ⫩[4] | ⫩[5] | +[6] | × | +[7] | +[7] | | — |
| Wallfahrt | × | × | + | × | +[8] | × | × | × |
| Saisonwanderung | ⫩ | + | ⫩[9] | + | + | ⫟ | | ⫩ |
| Viehhandel[10] | ⫩ | | ⫩ | × | + | + | | ⫞ |
| Fernhandel der Kaufleute mit Karren und Fuhrwerken | ⫞ | × | + | — | + | ⫞ | | ⫞ |
| Straßenverkehr mit Autos | ⫩ | — | ⫩[11] | — | +[12] | — | — | ⫩ |
| Eisenbahnverkehr | + | — | — | — | — | +[13] | | — |

⫩ sehr bedeutend
⫞ minder bedeutend
} Nur als Unterscheidung innerhalb der *Zeilen* gedacht

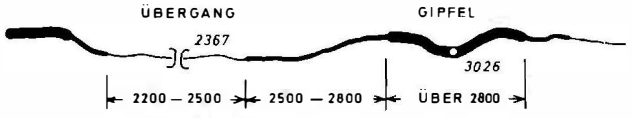
× vom Verfasser nicht mit Sicherheit festgestellt
— nicht vorkommend, bzw. ohne Bedeutung

Anmerkungen:
[1] Zum Teil neben-, zum Teil nacheinander [2] auch im Winter [3] teilweise auch im Winter [4] ab 1919 [5] früher hauptsächlich mit Salz und ab 1919 [6] 1810 bis 1816 [7] früher (hauptsächlich mit Salz) [8] nach Heiligenblut [9] auch Hausierhandel (Deferegger Teppichhändler) [10] im allgemeinen nur bis ins 19. Jhdt. [11] Straßentunnel seit 1967, 1650 m ü. d. M. [12] Scheiteltunnel seit 1935, 2505 m ü. d. M., Wintersperre [13] Tauerntunnel etwa 1200 m ü. d. M., Kraftfahrzeug-Schleuse.

# DIE VERKEHRSENTWICKLUNG IN DEN NÖRDLICHEN TÄLERN DER HOHEN TAUERN

## LEGENDE:

KAMMVERLAUF UND KAMMHÖHE ÜBER 2200 METER




2137 HÖHENANGABE

(1469) SCHEITEL- BZW. GIPFELHÖHE VON VERKEHRSWEGEN

1000 METER-HÖHENLINIE

TALSTUFE ( = 50 METER HÖHENUNTERSCHIED )

MÜNDUNGSSCHLUCHT, GEFÄLLSREICHE ENGTALSTRECKE ( = 50 M HÖHENUNTERSCHIED )

SAUMWEG

FAHRWEG

FAHRSTRASSE

MODERN AUSGEBAUTE STRASSE

LOKALBAHN

HAUPTBAHN

SEILBAHN ( EINSCHL. SCHRÄGAUFZUG )

WICHTIGER TUNNEL

1963 JAHR DER ERÖFFNUNG BZW. FERTIG-STELLUNG ( AUSWAHL )

FUSCH ORT

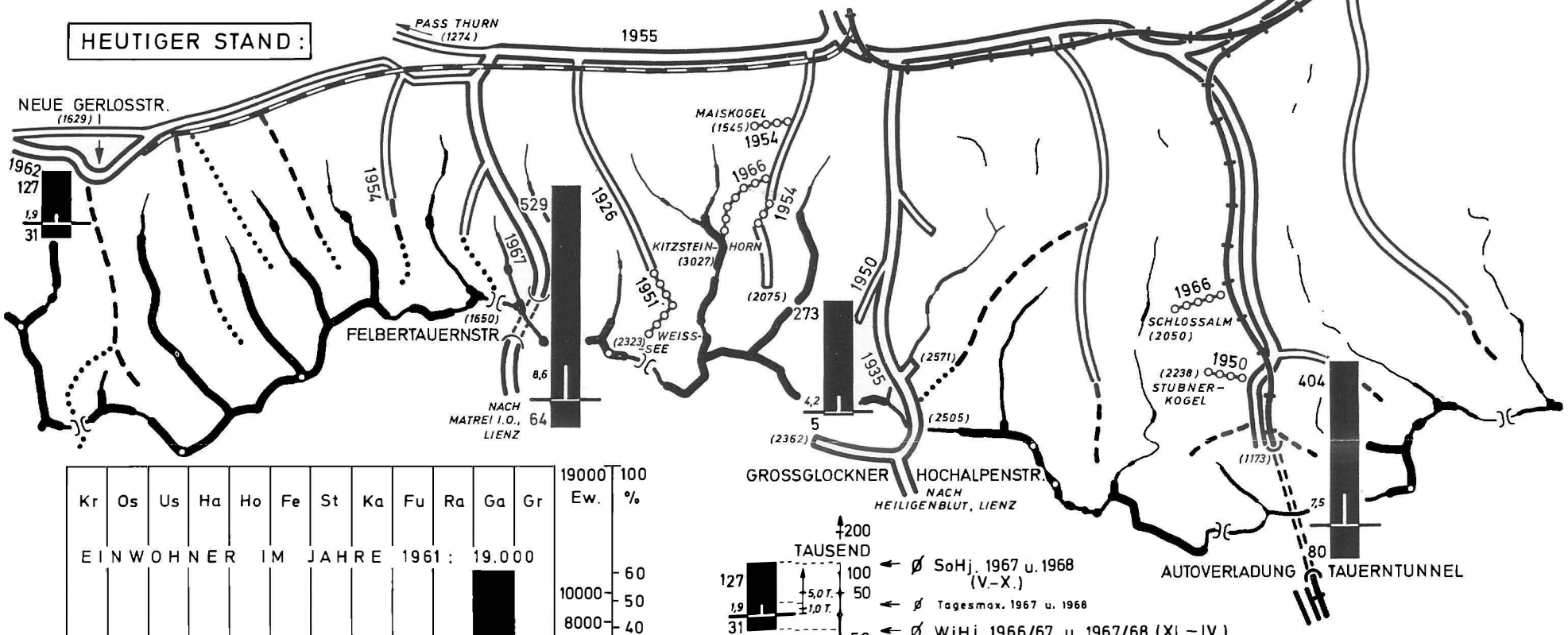
LETZTE BÄUERLICHE DAUERSIEDLUNG IM TAL

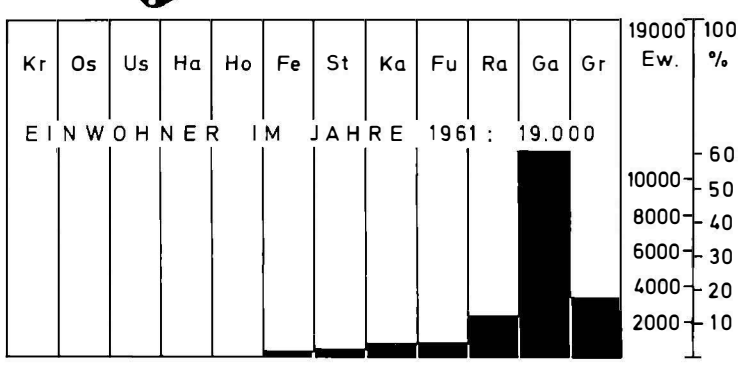
LETZTE TALALM

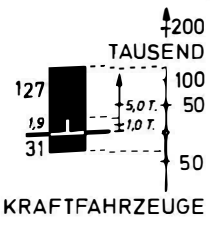
WICHTIGSTE „TAUERNHÄUSER"

DIE KARTE „STAND UM 1800" DIENT WEITGEHEND ALS GRUNDKARTE

## HEUTIGER STAND:



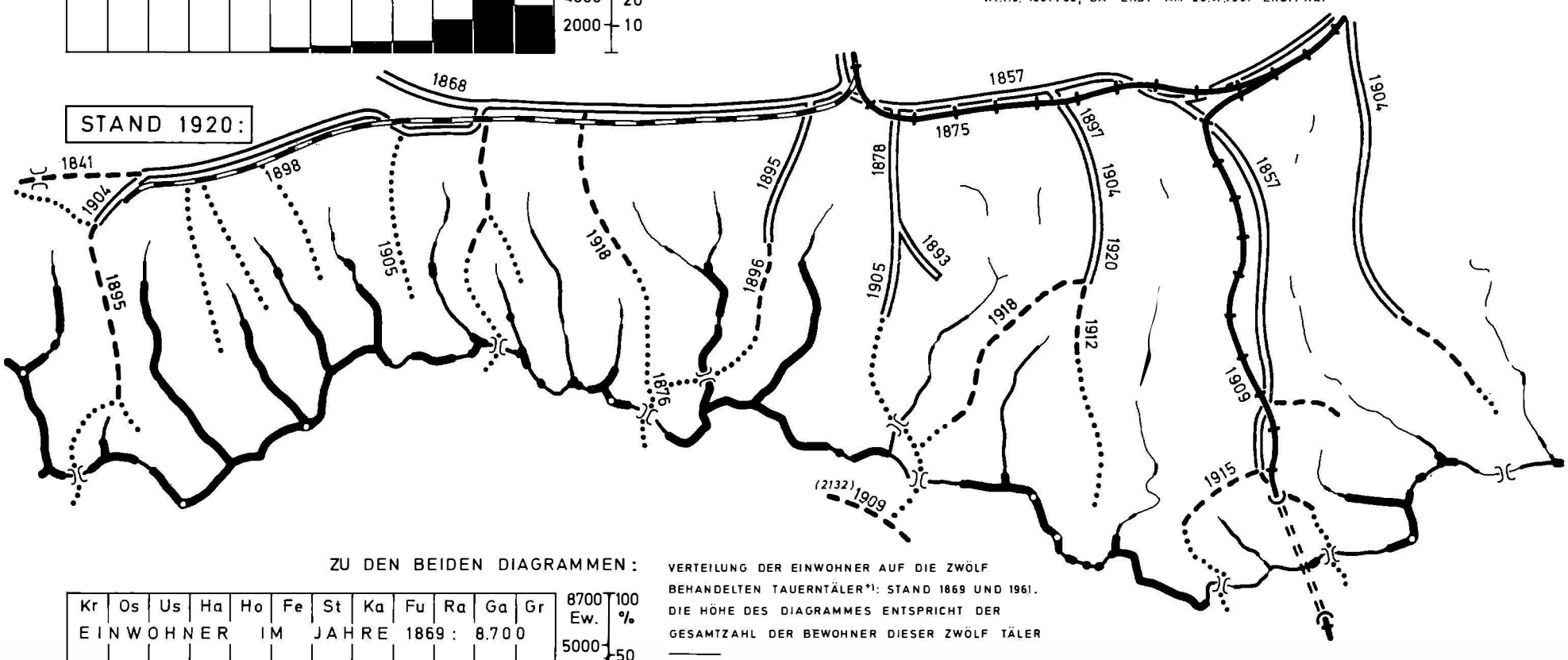

ø SoHj. 1967 u. 1968 (V.–X.)

ø Tagesmax. 1967 u. 1968

ø WiHj. 1966/67 u. 1967/68 (XI.–IV.)

FÜR FELBERTAUERNSTRASSE NUR SO.HJ. 1968 UND WI.HJ. 1967/68, DA ERST AM 25.VI.1967 ERÖFFNET

## STAND 1920:



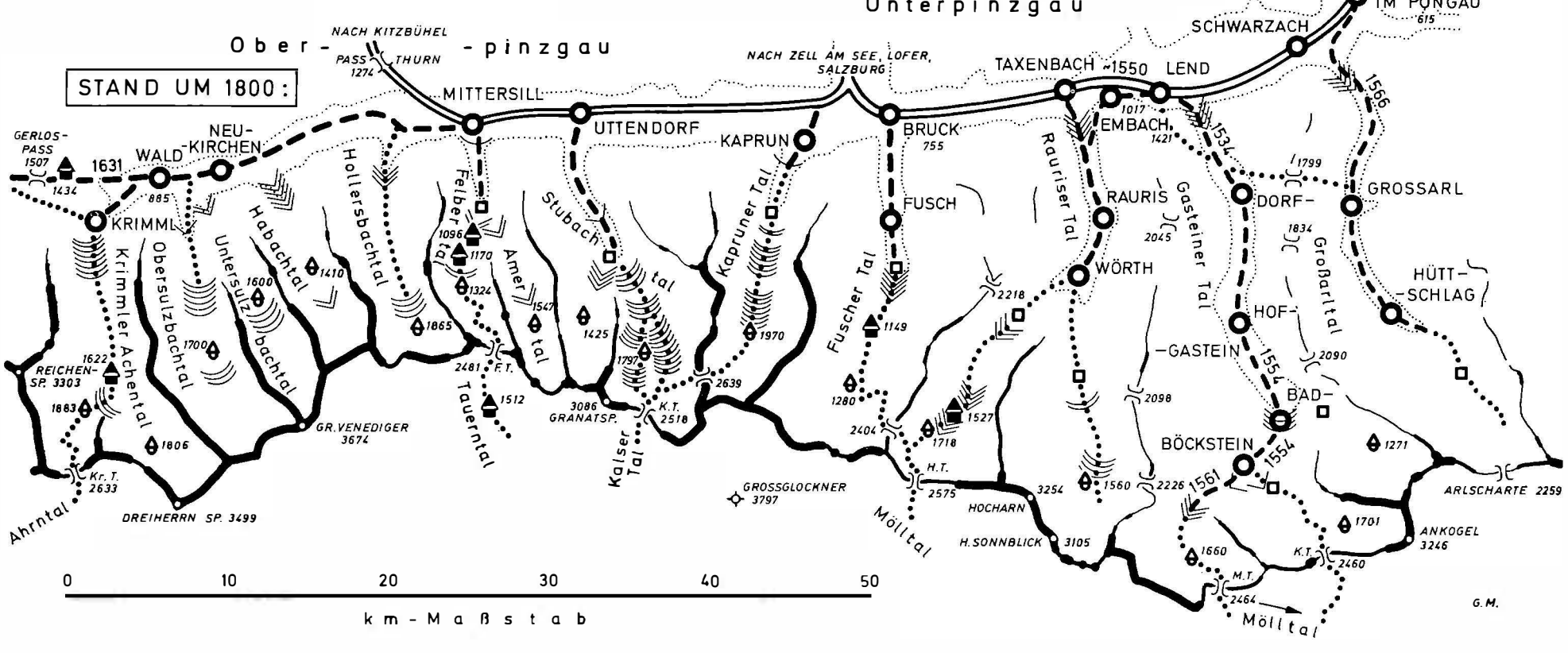

ZU DEN BEIDEN DIAGRAMMEN:




VERTEILUNG DER EINWOHNER AUF DIE ZWÖLF BEHANDELTEN TAUERNTÄLER*): STAND 1869 UND 1961. DIE HÖHE DES DIAGRAMMES ENTSPRICHT DER GESAMTZAHL DER BEWOHNER DIESER ZWÖLF TÄLER

*) OHNE DIE AN DEN TALAUSGÄNGEN WOHNENDE BEVÖLKERUNG VON KRIMML UND KAPRUN ( ORT )

## STAND UM 1800:



# Kulturgeographische Studien in der zentralen Glocknergruppe

Von Wilhelm Kolar (Graz)

Die schroffen Gipfel und die weiten Gletscher der Glocknergruppe erheben sich aus der Wirtschafts- und Siedlungsfläche dreier Länder. Nördlich des Glockner-Hauptkammes, der sich vom Kalser Tauern bis zum Hochtor erstreckt, liegt Salzburg. Drei große, tief eingesenkte Täler, Stubach-, Kapruner- und Fuschertal, greifen in hochgestaffelten Trögen, vom Salzachtal ausgehend, an die große Wasserscheide heran. Im Süden hat das kärntnerische Mölltal seinen Flußursprung direkt am Gletschertor der Pasterze, während das tiroler Iseltal nur einen Seitenarm, das Kalser Tal, zum Glocknermassiv emporstreckt. Verschiedenheiten in Lage, Verlauf und Form der einzelnen Täler sowie ihre unterschiedliche Besiedlungsgeschichte bringen manche Gegensätze mit sich, vieles ist aber all diesen Hochgebirgstälern gemeinsam.

Nach dem Versiegen der Goldquellen, die den Bergbewohnern für kurze Zeit einigen Wohlstand brachten, war die Landwirtschaft wieder zur wichtigsten Lebensgrundlage geworden. Schwere Heimsuchungen, Entbehrung und Not, sie kennzeichnen seither die Geschichte dieser Dörfer an der Grenze der Ökumene. Von der Gemeindefläche von Kals, Heiligenblut und Fusch sind nur 5 Prozent für eine dauernde Besiedlung geeignet.

Heute, da die Glocknerdörfer weltbekannt sind, hilft der Touristen- und Fremdenbesuch, ihre wirtschaftliche Not zu lindern. Unter so manchem Schindeldach ist aber noch immer die Armut daheim.

Die Besiedlung der Glocknergruppe erfolgte in mehreren Wellen, wie auch aus den Flur-, Hof- und Ortsnamen hervorgeht. Das Vorhandensein zahlreicher rätoromanischer Namen nur im Kalsertal zeigt, daß nur dieses Tal in vorrömischer und römischer Zeit eine nennenswerte Besiedlung aufwies. Beispiele dafür sind die Hofnamen Golliseller, Posidoier, Ranggetiner, Rubisoier und andere, oder die Bergnamen Glödis und Ganot. Der Raseggbach wird von *rio secco*, der Weiler Glor von *glorea* und der Roder von *crudus* abzuleiten sein (L. OBERWALDER, 1965, S. 57; A. UNTERFORCHNER, 1899, S. 22f.). Der Name Kals selbst hat bis heute keine befriedigende Erklärung gefunden. Der Heiligenbluter Tauern wurde zwar damals schon als Übergang benutzt, entlang des nur kurze Zeit im Jahr begangenen Weges dürften aber im oberen Mölltal nur einige wenige Siedlungen bestanden haben (R. PREUSS, 1939, S. 52f.).

Die Abgeschlossenheit des Kalser Tales trug dazu bei, daß sich hier über die Stürme der Völkerwanderungszeit hinweg Altes erhielt. Bis ins 12. Jahrhundert hinein, über die Slawenzeit hinweg, sollen hier rätoromanische Volksreste bestanden haben (W. BRANDENSTEIN, 1930). Die slawischen Siedlungsnamen im ärmeren Talgefilde (Peischlach, Staniska, Lesach) sowie oberhalb der Almregion bis zu den Gletschern hinauf (Fruschnitz-, Laperwitz-, Ködnitzkees) begründen auch die Annahme, daß sich die rätoromanische Bevölkerung in führender Wirtschaftsposition gegenüber den Slawen behaupten konnte (L. OBERWALDER, 1965, S. 57).

Die geringe Zahl slawischer im Verhältnis zu deutschen Namen weist auf eine nur sehr dünne slawische Besiedlung im Raum von Heiligenblut hin. Die Riede, die großen Flurunterteilungen, tragen in nur zehn Fällen slawische, in zweiunddreißig Fällen deutsche Namen (R. PREUSS, 1939, S. 315). Der Tauernhauptkamm selbst bildete für die slawische Expansion ein ernstes Hindernis. Nur im oberen Mölltal überschritten Slawen die Sonnblickgruppe und gründeten im Talschluß der Rauris die Bergbausiedlung „Kolm Saigurn" (Hinter dem Berg) (L. OBERWALDER, 1965, S. 57). Die nördlichen Glocknertäler waren fast oder ganz unbewohnt, ehe sie durch bajuwarische Siedler

erschlossen wurden. Es gibt hier fast nur deutsche Namen. Aber auch diese Besiedlung erfolgte sehr spät, erst durch die Schwaigenwirtschaft des 13. und 14. Jahrhunderts. Maierhöfe, wie sie H. KLEIN in Salzburg zumindest bis ins 12. Jahrhundert zurück nachweisen konnte, gab es in den nördlichen Glocknertälern nicht (H. KLEIN, 1935). Nur im Stubachtal geht der Hof Fellern sicher bis ins 12. Jahrhundert zurück (R. PREUSS, 1939, S. 65). Im Mölltal dürften die Maierhöfe bereits im 9. Jahrhundert bestanden haben. (R. PREUSS, 1939, S. 65).

Die Germanisierung Kärntens und Osttirols erfolgte auf dem Wege einer friedlichen Durchdringung. Sie nahm ihren Anfang in der Gründung des Klosters Innichen im Jahre 769 durch Baiernherzog Tassilo III. Die mit der Bekehrung der Slawen verbundene, anhaltende deutsche Zuwanderung sowie die Kulturpolitik ihrer Adelsgeschlechter sogen das slawische Element langsam auf. Im 12. Jahrhundert dürfte dieser Prozeß zum Abschluß gekommen sein.

Der neue Siedlungsausbau durch die Schwaighöfe, wie er sich ab dem Ende des 12. und Anfang des 13. Jahrhunderts in den Hohen Tauern vollzog, ist durch eine völlig neue Art der Bewirtschaftung gekennzeichnet und für die Glocknergruppe von besonderer Wichtigkeit. Diese Höfe waren ausschließlich auf Großviehzucht eingestellt. Die Besetzung mit dem nötigen Vieh, teilweise Versorgung mit Nahrungsmitteln (Getreide) sowie andere Betriebserfordernisse nahm die Grundherrschaft auf sich. Dafür waren die Schwaighöfe zur Belieferung der Grundherrschaft mit Erzeugnissen der Viehzucht und Milchwirtschaft verpflichtet. Die wichtigste Abgabe war dabei der Käsezins, durchschnittlich 300 Stück je Schwaige (H. KLEIN, 1931; O. STOLZ, 1930 und R. PREUSS, 1939, S. 71). Durch die Schwaighöfe war vor allem eine enorme Ausdehnung des Wirtschaftsraumes nach der Höhe möglich. Die in den hintersten Talenden gelegenen Schwaigen unterhalb der begangenen Tauernpässe waren noch zu besonderen Abgaben, zum Beispiel zur Verköstigung der Tauernwanderer, verpflichtet und erhielten dafür besondere Zuwendungen seitens der Landesherrn. Diese „Tauernhäuser" sind Gründungen der Salzburger Erzbischöfe. Eines bestand im Fuscher Tal (Ferleiten) – der heutige Tauerngasthof. Der Übergang über den Kalser Tauern lag hingegen „im Schatten" des Felber Tauern, er wies keine derartigen Rasthäuser auf (R. PREUSS, 1939, S. 89).

In den nördlichen Glocknertälern bedeutet die Schwaighofsiedlung die erste intensive Erschließung. Alle, einschließlich Fusch, wurden vorher größtenteils nur als Weidegebiet vom Pinzgau her benutzt. Um 1300 werden es mindestens 12 Schwaigen gewesen sein, die auf dem Schwemmkegeln des Fuschertales lagen, sowie eine Doppelschwaige auf dem hintersten Talboden, 1272 erstmals als „Verleiten" genannt (R. PREUSS, 1939, S. 74; E. SEEFELDNER, 1961, S. 150). Im schon dichter besiedelten Mölltal liegen die Schwaigen in den hintersten Talgebieten oder in hoher Lage, ein Kerngebiet der Schwaigengründung ist darum Heiligenblut (R. PREUSS, 1939, S. 75). In Kals sind die Schwaighöfe ausschließlich oberste und hinterste Dauersiedlungen. Sie liegen zwischen 1300 und 1400 m Höhe, teilweise auch über 1700 m! Insgesamt werden 30 Schwaigen im Kalser Tal angenommen (I. SÖLCH, 1933, S. 126). Deutsche Namen sind aber selten und verdichten sich etwas im Bereich des Talschlusses. Beispiele sind der Rottenname „Wurg" und der Hofname „Spöttling" (L. OBERWALDER, 1965, S. 57).

Wenn 1273 für Heiligenblut berichtet wird, die Kirche sei bereits „vor Alter verfallen", so muß damals schon eine dichtere Besiedlung bestanden haben (E. KLEBEL, 1927, S. 129). Für Kals belegt PLATTNER bereits um 800 eine karolingische Reichspfarre, mit einer Kirche, die dem hl. Petrus geweiht war. Die Pfarre ist urkundlich 1197 bezeugt (L. OBERWALDER, 1965, S. 57). Die Kirche von Fusch, die ursprünglich eine Filiale von Zell am See war, wird 1414 zum erstenmal erwähnt (E. SEEFELDNER, 1961, S. 150).

In der Glocknergruppe reichten die Schwaighöfe nirgends über die Siedlungsgrenze hinauf, wie etwa in Tirol. Dies war für den Fortbestand dieser Höfe wichtig, als sie nach dem Ende der eigentlichen Schwaigenwirtschaft selbst Getreide anbauen mußten. In den nördlichen Glocknertälern, aber auch im Mölltal, hat sich die Schwaigenwirtschaft noch bis zum Beginn des 17. Jahrhunderts gehalten. In Tirol war die Umwandlung des Natural- in den Geldzins schon früher, Ende des 15. und Anfang des 16. Jahrhunderts,

erfolgt. Durch den Getreidebau entstanden wesentlich intensiver bewirtschaftete Bauernhöfe, und die großen Besitze wurden unter mehrere Eigentümer aufgeteilt.

Mit den Schwaighofgründungen war in den nördlichen Glocknertälern, die von Natur aus weniger Platz für Siedlungen bieten, die Besiedlung vorerst abgeschlossen. Im Mölltal aber wurden im Spätmittelalter manchmal noch über den Schwaigen Höfe gegründet, da die Schwaigen nicht überall die Höhengrenze des Siedlungsraumes erreicht hatten. Zu Beginn des 15. Jahrhunderts war aber die heutige Siedlungsgrenze überall erreicht, und die jüngere Siedlungsentwicklung ist durch Flur- und Hofteilung großen Ausmaßes gekennzeichnet.

Mit dem Aufblühen des Bergbaues um 1460 und der Möglichkeit des Nebenerwerbes kam es neben der Gründung kleiner Anwesen auch zu vielen Hofteilungen. Nach dem plötzlichen Ende des Bergsegens war aber die Bevölkerung wieder ausschließlich auf die Landwirtschaft angewiesen, was sich in einer allseitigen Intensivierung der Bewirtschaftung und in neuerlichen Hofteilungen widerspiegelt. Dabei verhinderte aber in den nördlichen Tauerntälern das hier übliche Anerbenrecht[1] eine so weitgehende Besitzzersplitterung wie etwa im Kalser Tal.

Um 1800 waren die Güterteilungen beendet. Viele Anwesen erwiesen sich als nicht lebensfähig, wurden zu Zulehen oder Almen oder auch ganz aufgelassen. Auf der Fläche des Sulzbachbauern im Fuscher Tal bestanden so bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts drei Anwesen. Ein Bauernhof in Ferleiten wird heute nur mehr als Zulehen bewirtschaftet, ein anderer als Alm. Die Katasteraufnahmen aus dem Jahre 1830 zeigen für Ferleiten noch 22 Äcker; heute gibt es hier keinen mehr. In Kals ist der Ranggetin seit dem Ende des 19. Jahrhunderts nur mehr Zulehen, ebenso erging es auch den Höfen Posidoier und Unterrubisoier. Nach Ablösung der alten grundherrlichen Rechte im 19. Jahrhundert wurde außerdem durch Kauf, Erbschaft, Abtrennung von Teilstücken, Zuheirat usw. eine gründliche Änderung der alten Besitzstruktur herbeigeführt. Insgesamt steht im 19. und 20. Jahrhundert einem Ausbau der Siedlungen im Tal eine Wüstung von hochgelegenen Höfen gegenüber. Vor allem Bauerngüter an der oberen Siedlungsgrenze werden davon betroffen oder solche, die infolge der Kleinheit ihres Besitzes besonders schwer um ihre Existenz ringen müssen.

Damit die Besiedlung dieses unwirtlichen Landstriches überhaupt möglich war, mußten mehrere Voraussetzungen gegeben sein, vor allem Begünstigungen in Morphologie und Klima. Für das Reifen der Ernte ist dabei wohl die Sonnenscheindauer am wichtigsten. Die Süd- oder Südwestauslage wird daher immer bevorzugt.

Der Siedlungsraum umfaßt Talböden und Schwemmkegel, und auch die Hänge werden bis zu beachtlichen Höhen durch Bauernhöfe besetzt. Soweit sie hinaufreichen, gibt es noch Getreidebau (Obere Getreidegrenze). Darüber folgt ein Waldgürtel, der aber in Heiligenblut nur auf der Schattseite als geschlossener Streifen erhalten ist. Auf der Sonnseite hat der Mensch ihn durchbrochen und seine obere Grenze zugunsten der Almwirtschaft stark herabgedrückt (Foto 1). In der Almzone ist keine dauernde Besiedlung durch den Menschen mehr möglich, an die Stelle der Bauernhöfe treten Sommersiedlungen. Die Almweiden werden mit zunehmender Höhe immer dürftiger und ihr Graswuchs immer schütterer, bis sie in großer Höhe von Geröll und ewigem Schnee abgelöst werden.

Die tief eingeschnittenen nördlichen Glocknertäler mit ihren schmalen, schattigen Talböden und steilen Hängen sind für eine Besiedlung am ungünstigsten. Bedingt durch ihren Verlauf fehlt ein richtiger Sonnenhang. Dazu kommen noch, hier auf der Luvseite des Tauernkammes, höhere Niederschläge sowie tiefere Temperaturen als auf der Südseite. Das Stubachtal ist wohl ca. 10 km taleinwärts bewohnt, die Siedlungsdichte ist aber sehr gering. Im Kaprunertal reicht der Dauersiedlungsraum nur 2 km ins Talinnere. Allein das Fuschertal trägt, 7 km vom Salzachtal entfernt, eine größere geschlossene Ortschaft (Fusch). Auch die obere Siedlungsgrenze verläuft im Norden relativ niedrig.

[1] Unter mehreren Erben erhält dabei nur einer – der Anerbe – den Hof, die anderen sind entsprechend abzufinden.

Die höchsten Höfe am klimatisch günstigeren westexponierten Hang erreichen im Fuscher Tal 1060 und 1044 m (Brandenstein und Perleben), während sie am Gegenhang ihre Obergrenze bei 946 m (Wimm) finden. Am Beginn des Tales von Ferleiten, das sich, nach der einzigen Talstufe des Fuschertales, ca. 6 km bis zum eindrucksvollen Talschluß des Käfertales hinzieht, liegt die höchste Talbodensiedlung in 1150 m Höhe. Die beiden Tauernhöfe werden aber heute nur mehr im Dienste des Fremdenverkehrs ganzjährig bewohnt.

Die Erscheinung, daß auf der Südseite des Glockners die sommerlichen Isothermen viel höher hinaufreichen, verbunden mit einer teilweisen stärkeren Massenerhebung, läßt hier die Höhengrenzen viel höher hinaufrücken (R. PREUSS, 1939, S. 30 ff.). Am Sonnenhang von Heiligenblut schiebt sich die Getreidegrenze weit nach oben. Sie erreicht bei Apriach-Oberdorf 1570 m, um bei den höchsten Höfen von Untertauern 1600 m zu überschreiten (Oberer Wegschneider 1617 m). Die Schattseite hingegen ist vollkommen unbesiedelt und bis herunter ins Tal bewaldet. Die Bedeutung der Exposition wird dadurch deutlich, dazu kommt noch die morphologische Begünstigung der Sonnseite. Der bedeutend sanfter geneigte Hang ist durch mehrere Leistensysteme, die eine Anlage von Siedlungen ermöglichen, gekennzeichnet. Ihre größte absolute Höhe erreichen die Siedlungen aber im Ködnitztal bei Kals, dicht an die Flanke des Großglockners geschmiegt, mit dem Groder (1718 m). Auch der Rubisoi auf 1526 m wohnt in beachtlicher Höhe über dem Tal. Allerdings ist es heute nicht mehr nötig, auf all diesen hochgelegenen Höfen Getreide anzubauen. In Kals liegen die höchsten Getreidefelder bei 1540 m (Rainer, Ködnitztal), in Heiligenblut noch in 1600 m Höhe (Oberer Wegschneider). In Fusch hingegen wurde in den letzten Jahren kein Getreide mehr angebaut.

Dieser Siedlungsraum unterhalb des geschlossenen Waldgürtels tritt in der Landschaft als der intensive Wirtschaftsraum des Menschen in Erscheinung, in dem Feld, Wiese und Wald einander durchdringen. Im Fuschertal erreicht er maximal 300 m, im Kalsertal bis zu 300–400 m Höhe. Die beiden ineinandergeschachtelten Tröge von Heiligenblut zeigen im höheren Trog einen intensiven Wirtschaftsraum bis zu 400 m Höhe über dem Talboden, unter der Stufe von Zlapp, bei Schachner und Apriach, erreicht er aber beinahe 500 m. Die enormen relativen Höhen bringen für diese Bergbetriebe eine äußerst ungünstige Verkehrslage mit sich.

In allen Glocknertälern sind die Hänge und Murenkegel für die Besiedlung günstiger als die Talsohlen, deren feuchte Gründe auch im Sommer kühler und sehr häufig von Nebel erfüllt sind, während die Siedlungen auf den 50–100 m höheren Schwemmkegeln schon oberhalb dieser Nebelschicht liegen. Nur sehr wenige Gebäude finden sich daher in den Talsohlen – einige in Hadergassen und Winkl (Gemeinde Heiligenblut), etwas mehr in der Gemeinde Fusch. Die Lage, Verteilung und Größe der Siedlungen ist im übrigen sehr stark von den morphologischen Gegebenheiten abhängig. Im Becken von Kals verzahnen sich mehrere Schwemmkegel ineinander. Der Schwemmkegel des Raseggbaches böscht sich über 200 m Höhenunterschied abwärts; er trägt die besten Felder des Tales. Ihm gegenüber mündet der Murenkegel, der Ködnitz (Kals-Hauptort) trägt. Der Kalser Bach hat sich ca. 30 m tief zwischen beiden eingeschnitten. Auch der Burger Bach und der Lesach Bach münden mit großen Murenkegeln ins Haupttal. Sie sind der bevorzugte Standort der Siedlungen. Ködnitz (1325 m), Großdorf, Burg, Glor und andere, insgesamt etwa 70 % aller Siedlungen, liegen auf Schwemmkegeln, obwohl sie immer wieder unter starken Murausbrüchen zu leiden haben (Foto 2 und 3).

In der Gemeinde Heiligenblut fehlen geeignete Schwemmkegel – nur der Weiler Pockhorn hat diese Lage – doch bietet der morphologisch und klimatisch begünstigte Sonnenhang genügend Siedlungsmöglichkeit. Die günstigsten Sonnenschein- und Wärmeverhältnisse liegen hier in einem Raum von etwa 150–400 m über dem Talboden, Schneeschmelze und Anbauzeit sind hier früher als im Tal. In Heiligenblut bevorzugen daher 90 % aller Siedlungen die Hanglage. Auch Hof (1288 m) mit der berühmten Wallfahrtskirche Heiligenblut liegt auf einer etwas breiteren Hangleiste. Aus diesem Grunde überwiegt hier auch bei weitem die Einzelsiedlung (ca. 69 %), da die schmalen Fluren

am Hang meist nur die Anlage eines Einzel- oder Doppelhofes zuließen (Foto 1). Auf den großen Schwemmkegeln des Kalsertales wurde hingegen der Ausbildung von Dörfern und Weilern keine Schranken gesetzt. Mit über 76 % aller Siedlungen herrscht hier die geschlossene Form vor.

Im Fuscher Tal sind die Hänge so steil, daß die Siedlungen größtenteils auf den Talboden und den Hangfuß beschränkt bleiben. Zahlreiche kleine Murenkegel münden von beiden Seiten ins Haupttal, meist nur einem oder zwei Höfen Platz bietend. Nur auf dem Schwemmkegel des Hirzbaches liegt das Haufendorf Fusch (810 m). Dieses Tal hat den höchsten Anteil von Siedlungen, die direkt am Talboden liegen. Insgesamt überwiegt auch hier die Schwemmkegellage, aber auch die Einzelsiedlung.[2]

Die geringe Ausdehnung des intensiv bewirtschafteten Bodens und die damit verbundene dünne Besiedlung der nördlichen Glocknertäler steht in krassem Gegensatz zu ihrem Reichtum an Almenfläche. Den schmalen Talböden stehen breite, kesselartige Kare in der Almregion gegenüber, durch günstiges Klima und reichen Pflanzenwuchs ausgezeichnet. Das Stubachtal weist die besten, das Fuschertal die zweitbesten Almgründe der gesamten Hohen Tauern auf (F. KEIDEL, 1936). Der Überfluß an Almen im Verhältnis zum Bedarf der bäuerlichen Wirtschaft führte im Fuschertal dazu, daß zahlreiche Gemeinden des Salzachtales in Fusch Almen besitzen. Die Hochweiden des Tales werden von Schafen beweidet, die teils aus dem übrigen Pinzgau kommen, teils sogar aus Bayern (aus der Gegend von Laufen). Achtzehn Almen sind außerdem aus bäuerlichem Besitz gekommen, sie dienen heute vorwiegend der Jagd (E. SEEFELDNER, 1961, S. 151).

Während auf der Nordseite der Glocknergruppe Wassermangel praktisch unbekannt ist, leiden die Sonnenberge von Heiligenblut häufig unter Austrocknung. Darum liegen auch die besten Almen dieser Gemeinde im Gößnitztal, einem von der Schobergruppe kommenden und nach Norden abfallenden Seitental der Möll. Am Sonnenhang zwang die dichte Besiedlung und der Bedarf an Almfläche zur Einschränkung des Waldgürtels. Auch Almen auf der Tauernnordseite, im Seidlwinkeltal, werden von Heiligenblut aus bestoßen.

Nach der Nutzung, die ja von der Üppigkeit des Graswuchses abhängt, gliedert sich die Almregion in drei Gürtel. Zu unterst liegen die Sennalmen (Kuhalmen) mit dem größten Teil der Almgebäude. Auf der Glockner-Südseite liegt die überwiegende Zahl der Sennhütten zwischen 1600 und 1900 m Höhe (H. SPREITZER, 1926), doch erreichen sie in manchen Gebieten, so im Gößnitztal (Gemeinde Heiligenblut) oder Ködnitztal (Gemeinde Kals), fast 2100 bzw. 2000 m. In Fusch liegt die Obergrenze der Almsiedlungen im vorderen Teil des Tales in 1820 m, in Ferleiten unter dem Einfluß der Gletschernähe in 1810 m Höhe, während die Talalmen dort bis 1270 m ansteigen. Die Sennalmen gehen nach oben zu allmählich in die Galtalmen[3] über. Und zuoberst, wo der Graswuchs nur mehr dürftig ist, finden allein noch Schafe ihr Futter. Die höchsten Halterhütten der Galt- und Schafalmen reichen bis gegen 2400 m hinan. Über einer Höhe von durchschnittlich 2500 m, auf der Südseite stellenweise gar erst 2800 m, setzen jedoch völlig unfruchtbare Geröllhalden, schroffe Felsgrate und der ewige Schnee jeder Weide ein Ziel.

Die Almhütten liegen zum Teil am Talboden, vorwiegend suchen sie aber kleine Leisten und Terrassen, auch Mulden am Hang auf, oder sie liegen in Karen. Immer aber bevorzugen sie – ebenso wie die Bauernhöfe – die Sonnseite. Meist liegen sie weit über die Almflächen verstreut. Es gibt aber auch Almsiedlungen, die sich zu Gruppen, ähnlich Weilern oder Haufendörfern, zusammenschließen. Am Mönchsberg bei Heiligenblut, oberhalb Schachnern und Apriach, ist dies der Fall.

Zwei Siedlungsformen gibt es heute in der Glocknergruppe, Einzelhöfe und geschlossene Siedlungen in der Form von Weilern oder Haufendörfern. Vor allem die Weiler sind dabei aus der Teilung von Einzelhöfen hervorgegangen. Insbesondere durch den

[2] Berechnet auf Grund des Ortsverzeichnisses von Österreich, Wien 1965.
[3] Galtvieh sind Rinder, die keine Milch geben: Stiere, Ochsen und Jungvieh.

Alpinismus und Tourismus seit ca. 100 Jahren hat sich das Ortsbild der größeren Siedlungen grundlegend geändert. Hof (Heiligenblut-Hauptort), Ködnitz (Kals-Hauptort) und Fusch haben ihren bäuerlichen Charakter verloren, heute geben die großen Hotelbauten diesen Orten das Gepräge. Aber auch außerhalb der geschlossenen Ortschaften entstehen bei günstiger Lage immer mehr Bauten, die dem Fremdenverkehr dienen. Das Kalsertal hat wohl noch am besten seine Eigenart bewahrt, sicherlich begründet in der spät erfolgten Weltöffnung – erst im Jahre 1927 wurde es durch eine Straße mit dem Iseltal verbunden.

Den Siedlungsformen entsprechen hier auch bestimmte Flurformen. Um die Einzelhöfe dehnt sich die Einödflur aus, einen in sich geschlossenen Block bildend, der meist auf mehreren Seiten von natürlichen Grenzen (Bäche, Wälder, Gräben) abgeschlossen wird. Weiler und Dörfer sind von Blockfluren umgeben, hervorgegangen aus der Teilung ehemaliger Einödfluren. Aus dem ursprünglichen großen Block mit Besitzeinheit entstanden so Kleinblöcke in Gemengelage. Die Grundstücke eines Hofes, Kulturflächen verschiedenster Größe und Gestalt, sind dabei ziemlich regellos in der Gesamtflur verteilt. Diese Gemengelage bildet das Hauptproblem des derzeitigen Flurformengefüges in ganz Europa.

Besonders in Kals hat die Realteilung, ursprünglich aus dem sozialen Gedanken geboren, alle Kinder eines Bauern vor wirtschaftlicher Not und dem Zwang zur Auswanderung zu bewahren, diese Idee durch zu weit geführte Besitzzersplitterung ins Gegenteil verkehrt. Die vielen, weit verstreuten Parzellen der Bauern, zu deren Bearbeitung im Laufe des ländlichen Jahres Wegzeiten aufgewendet werden müssen, die in keinem lohnenden Verhältnis zur tatsächlichen Arbeitszeit auf den Feldern und zum Ertrag der Flächen stehen, die Kleinheit der Grundstücke, die eine Bestellung mit Zugtieren nur mehr mühsam, mit Maschinen oft gar nicht mehr zulassen, dies verlangt Änderung. Auf den großen Schwemmkegeln des Kalsertales, wo manche Blöcke infolge fortgesetzter Erbteilung bereits streifenartige Parzellierung zeigten[4], wird derzeit eine Zusammenlegung zu wenigen größeren Komplexen durchgeführt. Der Plan dazu war bereits 1959 fertiggestellt und provisorisch übergeben worden. Damit ist die Lebensfähigkeit vieler Betriebe, zumindest für die nächsten Jahre, gesichert.

Die vorherrschende Hofform in der Glocknergruppe ist der Paarhof, doch sieht man auch Gruppen- bzw. Haufenhöfe (S. GREIDERER, 1925, J. SCHMID, 1935). Die wichtigsten und größten Gebäude sind aber immer das Wohnhaus und der Futterstadel, während Kleinviehställe, Holzhütten usw., wenn vorhanden, meist diesen Hauptgebäuden angebaut sind. Besonders an den Berglehnen findet man reine Paarhöfe. Wohn- und Wirtschaftsgebäude sind dabei völlig getrennt und liegen meist in Firstrichtung nebeneinander oder etwas gegeneinander versetzt. Der Stall mit dem unter dem Dach gelegenen Heuvorrat für den Winter ist fast immer breiter und massiger als das Wohnhaus, er offenbart die wirtschaftliche Kraft des Bauern.

Auf Schwemmkegeln oder breiteren Hangleisten, die einem Siedlungsausbau genügend Raum boten, sind hingegen durch Vergrößerung der Wirtschaften, Verbesserungen des Hauses, vor allem aber durch Teilung alter Großhuben in zwei oder drei Anwesen, oft eine Vielzahl von Nebengebäuden entstanden.

In der Gemeinde Kals (Großdorf, Unterlesach) sind Wohn- und Wirtschaftsgebäude oft so eng aneinandergebaut, daß zwischen beiden nur ein schmaler Gang bleibt, der als Aufbewahrungsort für Holz, Geräte usw. dient. Meistens liegen die beiden Gebäude in Richtung des Firstes hintereinander (Kartenskizze, Foto 2). SÖLCH führt diese Hofform auf die ehemaligen Beziehungen des Kalsertales zu Salzburg zurück (I. SÖLCH, 1933). Echte, große Einheitshäuser, wobei Wohn- und Wirtschaftsgebäude unter einem gemeinsamen First liegen, gibt es insgesamt nur drei im Kalsertal. Sie sind alle erst in jüngster Zeit entstanden.

[4] Diese Fluranordnung stellt einen Übergang zur Gewannflur oder gewannartigen Flur dar. Gewanne sind ein Gefüge von in der Regel rechteckigen Flurteilen (Gewanne), die in parallele Streifen aufgeteilt sind. Jeder Bauer des Dorfes besitzt in jedem Gewann je einen Flurstreifen.

Die Entwicklung vom alten Rauchhaus, ohne künstliche Rauchableitung über Dach, bis zum heutigen Küchenstubenhaus (so genannt nach den beiden heizbaren Haupträumen) war auch mit einer Änderung des Baumaterials verbunden. Trotzdem dominiert bei den bäuerlichen Bauten heute noch der Holzbau, vor allem in abgelegenen Winkeln und Berglagen. Nur der Sockel der Gebäude oder auch das ganze Erdgeschoß sind aus Stein. Es gibt auch Wohnhäuser, bei denen allein der Teil des Hauses, in dem die Küche untergebracht ist, gemauert ist. Neubauten, vor allem im Tal, werden aber durchwegs in Steinbauweise ausgeführt, auch wird das flache Schindeldach immer mehr vom Ziegel- oder Eternitdach verdrängt.

Rauchstuben und Rauchküchen sind, obwohl man sie zu Beginn unseres Jahrhunderts noch häufig finden konnte (J. R. BÜNKER, 1914, V. R. v. Geramb, 1925), heute aus den Bauernhäusern gänzlich verschwunden. Wohl aber sieht man offenes Herdfeuer noch in Almhütten und Zulehen. Ein aufgelassener Bauernhof in Ferleiten zeigt noch derart alte Formen, bei der Oberstattgutalm (Ferleiten) steht der offene Herd in der Mitte des Hauptraumes, irgendeine Rauchableitung über Dach fehlt. Grundriß und Feuerungsanlagen dieser Sennhütte lassen die Ähnlichkeit mit dem alten Salzburger Rauchhaus erkennen (Vgl. J. EIGL, 1894). Auch auf der Alt-Judenalm, der Vögei-Alm und anderen wird heute noch auf offenen Feuerstellen gekocht. Auf den Almen hat sich überhaupt viel Altes erhalten, und manche Bauform erinnert an die Anfänge des bäuerlichen Hauses.

Bei manchen Sennalmen liegen der Stall und die Wohn- und Arbeitsräume unter einem Dach, meist übereinander angeordnet. Doch alle größeren Almen zeigen, wie die Bauernhöfe, eine Trennung in Sennhütte und Stall. Viel primitiver sind die Halterhütten der Galt- und Schafalmen. Diese, sowie die einfachen Scherme, Unterstandhütten für das Galtvieh bei Schlechtwetter, sind wegen ihrer hohen Lage über der Waldgrenze fast immer aus Stein gebaut. Im Bereich ausgedehnter Bergmähder, wie in Heiligenblut, wird die Zahl der Baulichkeiten in der Almregion noch durch die Mahdhütten bedeutend vermehrt, die bis zu 2400 m Höhe hinaufreichen.

In den drei Gemeinden Heiligenblut, Kals und Fusch wohnen auf einer Gesamtfläche von 532,11 km² nur 3148 Menschen, das sind 5,9 Einwohner je km². In ganz Europa haben nur wenige Landstriche eine derart geringe Volksdichte. Weite Flächen der drei Glocknergemeinden entziehen sich aber der Besiedlung und wirtschaftlichen Nutzung, so daß eine derartige Dichteberechnung zu wenig aussagt. Nur 58,1 % der Gesamtfläche werden wirtschaftlich genutzt[5] und gar nur 5 % tatsächlich bewohnt[6]. Die Volksdichtezahlen, bezogen auf die derart reduzierten Flächen, betragen 10,2 und 118,3. Die Menschen leben also auf sehr kleinem Raum, entlang der tief eingeschnittenen Täler, verhältnismäßig eng beisammen, während weite Gebiete unbewohnt sind.

Die Landwirtschaft ist auch heute noch die Existenzgrundlage für den größten Teil der Bevölkerung. (Volkszählung 1961)

| | Wohnbevölkerung | davon wirtschaftliche Zugehörigkeit zur Land- u. Forstwirtsch. | das sind Prozent |
|---|---|---|---|
| Heiligenblut | 1195 | 518 | 43,3 |
| Kals | 1239 | 672 | 54,2 |
| Fusch | 714 | 239 | 33,5 |
| Summe | 3148 | 1429 | 45,4 |

45,4 % der Bevölkerung aller drei Gemeinden leben von der Landwirtschaft. Berechnet man den Anteil an den Berufstätigen, so sind es sogar 57,4 von Hundert[7]!

[5] Gesamtfläche ohne Ödland.

[6] Gesamtfläche ohne Ödland, alpinem Grünland und Wald (Siehe E. SEEFELDNER, 1958, S. 226).

[7] Hier und auch im Folgenden werden nur Zahlen des Fuschertales gebracht, da dieses eine eigene Gemeinde bildet. Kapruner- und Stubachtal gehören hingegen zu Gemeinden, deren Wohnbevölkerung zum größten Teil im Bereich des Salzachtales lebt. Die statistischen Angaben dieser Gemeinden würden nicht den Verhältnissen in der zentralen Glocknergruppe gerecht werden.

Die im Vergleich zur Landwirtschaft weit bessere Bezahlung in den Industriebetrieben bei geregelter Arbeitszeit und geringerem Risiko führt in Österreich und auch anderswo zu einer immer stärkeren Abwanderung der Bauernsöhne in die Industriestandorte. In den neun Jahren zwischen 1951 und 1960 haben die ständig in der Landwirtschaft tätigen Arbeitskräfte in Österreich um 21 % abgenommen (davon die familienfremden Arbeitskräfte um 45 %!), die nicht ständigen um 15,5 % (land- und forstwirtschaftlichen Betriebszählungen 1951 und 1960). Durch diese „Landflucht", verbunden mit dem Zwang zur Rationalisierung, hat die Mechanisierung in der Landwirtschaft, vor allem im Flachland, bereits breiten Fuß gefaßt. Auch im Gebirge macht der Einsatz von Maschinen allmählich Fortschritte, findet jedoch seine Grenze in der Ungunst des Geländes, außerdem in den beschränkten Eigenmitteln der Bergbauern. Durch diese wirtschaftliche Benachteiligung wurde gerade die Lage der Bergbauern zu einem der dringlichsten sozialen Probleme unserer Zeit.

42,7 % der von den land- und forstwirtschaftlichen Betrieben aller drei Gemeinden bewirtschafteten Gesamtfläche[8] sind unproduktiv, 11,7 % bedecken Wald und nur 45,8 % können landwirtschaftlich genutzt werden. Davon hat, gegenüber dem Grünland, der Ackerbau mit 1,9 % Anteil am Gesamtareal bzw. 4,3 % an der landwirtschaftlichen Nutzfläche kaum Bedeutung. Noch dazu steht ein Großteil dieser Fläche, nämlich 664,89 ha (76,5 %) in Form von Egarten der Gras- und Futterwirtschaft zur Verfügung. Auf der restlichen Ackerfläche werden in Heiligenblut und Kals etwas Getreide (hauptsächlich Gerste) und Kartoffeln angebaut, in der Gemeinde Fusch wird vornehmlich Kleegras gewonnen. (Bodennutzungserhebung 1966).

Die bäuerliche Wirtschaft stützt sich in unserem Gebiet auf die Viehwirtschaft. Bestand und Entwicklung der Landwirtschaft sind vorwiegend von der Ertragsfähigkeit und Verwertbarkeit der Mäh- und Weideflächen abhängig. Vor allem die Aufzucht eines abgehärteten und gesunden Jungviehs bildet infolge der Höhenlage des Gebietes wohl den rentabelsten Wirtschaftszweig der Bauern. Der Anteil der Kühe am Gesamtrinderstand von 45,5 % besagt jedoch, daß auch die Milchproduktion Beachtung findet. Während vor allem in Fusch, aber auch in Heiligenblut, der Kuhanteil in den letzten Jahren abgenommen hat, ist er in Kals, wo die wirtschaftliche Situation des Bauernstandes besonders ungünstig ist, in den letzten 10 Jahren (1957–1967) von 39,2 % auf 47,3 % angestiegen. Die Milchablieferung bringt ja ständig fließende Einnahmen, zumal der Staat stabile Preise garantiert. Durch dieses System des durch staatliche Subventionen gestützten „unechten" Preises von Milch, der sich nicht nach der Nachfrage richtet, ist es – bekanntlich nicht nur in Österreich – heute zu einer empfindlichen Überproduktion gekommen.

Obwohl so gut wie alle tierhaltenden Betriebe heute mit Mähmaschinen oder Traktoren ausgerüstet sind – in der Gemeinde Fusch verfügen 5 Bauern sogar über mehrere Traktoren – muß ein großer Teil des Heuvorrates für den Winter auch heute noch mit der Hand gemäht werden. Bergmähder und die meist am steilen Hang gelegenen einmähdigen Wiesen lassen nur selten den Einsatz von Maschinen zu. Immerhin sind 73,5 % aller zur Heugewinnung geeigneten Flächen Bergmähder und 8,7 % Wiesen mit nur einem Schnitt im Jahr, während mehrmähdige Wiesen und Egarten nur 4,9 % bzw. 12,9 % der Fläche ausmachen (1966). Daraus läßt sich bereits die wirtschaftliche Benachteiligung dieser Bergbetriebe abschätzen. Dazu kommt noch der oft beschwerliche Transport des Heus zum Heimgut. Die Arbeitsproduktivität und damit auch die Einkommenslage der Bergbauern fällt darum sehr gegenüber Betrieben im Flachland ab.

Die landwirtschaftlichen Betriebe der Gemeinde Fusch sind noch um einiges günstiger gestellt. Zunächst ist dieses Tal überhaupt dünner besiedelt, mit 4,5 Menschen je km² der Katasterfläche oder 6,9, bezogen auf die bewirtschaftete Fläche, liegt seine Volksdichte wesentlich unter der der südseitigen Glocknergemeinden. Auch der Anteil der landwirtschaftlichen Bevölkerung an der Gesamtbevölkerung ist geringer. Dies spiegelt sich zunächst in der größeren durchschnittlichen Betriebsgröße in Fusch wider. Für

[8] Diese Fläche deckt sich nicht vollständig mit der Katasterfläche der Gemeinden.

Heiligenblut beträgt sie nur 88,3 ha, für Kals 121,4 ha und für Fusch 128,2 ha. Insgesamt erscheinen die Bauernbetriebe im Glocknergebiet als sehr groß, beträgt doch ihre durchschnittliche Größe für ganz Österreich nur 19,3 ha. (Land- und forstwirtschaftliche Betriebszählung 1960). Die überwiegende Zahl aller Betriebe in der Glocknergruppe, nämlich 82,8 %, sind größer als 20 ha. Bei dem hohen Anteil an natürlicher Extensivfläche muß aber die absolute Betriebsgröße im Gebirge die Größe etwa in einem Ackerbaugebiet wesentlich übersteigen, damit der Betrieb lebensfähig sein kann. Abgesehen vom großen unproduktiven Areal ergeben so vor allem Bergmähder, einmähdige Wiesen, Almen und Hutweiden nur einen Bruchteil des Ertrages von Flächen im Flachland. Von der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Glocknergemeinden bliebe nur $^1/_5$ übrig, würde man sie auf Flächen mit vollem Ertrag umrechnen[9].

Infolge der größeren Betriebsgröße können in der Gemeinde Fusch auch wesentlich mehr Rinder je Betrieb gehalten werden. Es gibt hier mehrere ausgesprochene Großbetriebe – der größte umfaßt 845 ha – die bis zu 100 Rinder halten (Embachbauer, Sulzbachbauer). Wie viele Rinder im Durchschnitt auf einen Betrieb entfallen, zeigt die folgende Übersicht (Allgemeine Viehzählung 1967).

| | Rinder je Betrieb | davon Kühe je Betrieb |
|---|---|---|
| Heiligenblut | 8,35 | 4,6 |
| Kals | 9,7 | 3,8 |
| Fusch | 23,25 | 10,0 |

Bedenkt man, daß trotz dieser hohen Rinderzahlen, die ja die wirtschaftliche Kraft des Bauern ausdrücken, die landwirtschaftlichen Betriebe in Fusch im Durchschnitt nur eine fünfköpfige Familie ernähren müssen, in Kals aber im Durchschnitt 7 Personen und in Heiligenblut, trotz Kleinheit der Betriebe, immerhin 4, so erkennt man die wirtschaftliche Begünstigung der Bauern in Fusch. Noch ein weiterer Vorteil gesellt sich hinzu: Zum Teil in der eigenen Gemeinde, zum Teil in den nahen größeren Orten des Salzachtales, gibt es günstige Möglichkeiten eines zusätzlichen Verdienstes. 57,4 % aller bäuerlichen Betriebe besitzen bereits einen Nebenerwerb. In Kals sind es nur knapp $^1/_3$, in Heiligenblut kaum $^1/_4$ (Land- und forstwirtschaftliche Betriebszählung 1960).

Trotz der ständig steigenden Löhne und Preise ist es daher in Fusch möglich, noch einen hohen Prozentsatz familienfremder Arbeitskräfte zu bezahlen, nämlich 32,5 %. In Heiligenblut beträgt ihr Anteil an den in der Landwirtschaft tätigen Arbeitskräften 8,3 %, in Kals nur 7 %. (1960). Hier mußte vor allem die Familie stärker zur Arbeit herangezogen werden. Infolge der wirtschaftlichen Besserstellung konnten die Fuscher Bauern bereits manches zur Arbeitsrationalisierung tun. Heute wird in der gesamten Gemeinde kein Getreide mehr angebaut, und der größte Teil des Ackerlandes dient dem Feldfutterbau. Daraus ist eine Spezialisierung ausschließlich auf die Viehzucht zu erkennen. In der Bodennutzungserhebung von 1966 scheinen auch keine Bergmähder mehr auf. Almen, bei denen sich aus irgendwelchen Gründen ein Auftrieb nicht mehr rentiert, werden nicht mehr bestoßen. Diese Almflächen wurden aufgeforstet oder verwachsen von selbst. In der Gemeinde Kaprun sind 7 Almen in den letzten Jahren aufgelassen worden, in der Gemeinde Fusch 4.

Die Viehwirtschaft wird überhaupt nur dadurch ermöglicht, daß die Glocknergruppe über der Waldgrenze über ausgedehnte Almgebiete verfügt. Mehr als 40 % der bewirtschafteten Gesamtfläche (82,6 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche!) macht das alpine Grünland aus, aber nur 5,5 % die Heimgutfläche. Mehr als $^4/_5$ aller Bauernhöfe in Heiligenblut verfügen über nicht einmal 5 ha Heimgutfläche. Die Almwirtschaft stellt also im Glocknergebiet eine unentbehrliche Existenzgrundlage dar, nur durch sie ist heute der Bestand vieler kleiner Bauernhöfe gesichert.

Die Weidezeit auf den Almen ist mit durchschnittlich 120–130 Tagen relativ lang. In anderen Almgebieten ist sie wesentlich kürzer und beträgt zum Beispiel im Obervintsch-

[9] Errechnung der reduzierten landwirtschaftlichen Nutzfläche nach dem Umrechnungsschlüssel in: Land- und forstwirtschaftliche Betriebszählung vom 1. Juni 1960, Gesamtergebnisse für Österreich, Wien 1964.

gau, wo hauptsächlich Galtvieh in sehr großer Höhenlage gesömmert wird – keine Alm liegt dort unter 1800 m – nur 85 Tage (K. FISCHER, 1965, S. 126). Die lange Weidedauer wird im Glocknergebiet vor allem auch durch die fast überall geübte Staffelwirtschaft ermöglicht. Dabei werden im Früh- und Spätsommer die tiefer gelegenen Alpteile beweidet, im Hochsommer wird aber für wenige Wochen auf die Hochalm gezogen. Auf- und Abtriebszeiten, Staffel- und Haltwechsel für die einzelnen Viehgattungen – man spricht in diesem Zusammenhang von Almnomadismus – Besatzziffern usw. werden nach oft sehr komplizierten und teilweise uralten Rechten geregelt.

Für die Milcherzeugung haben die Almen untergeordnete Bedeutung. Sie stehen vornehmlich im Dienste der Tierzucht, steht doch der Großglockner inmitten des Pinzgauer Stamm-Zuchtgebietes. Die Witterung sowie die Marschstrapazen im oft sehr steilen und schwierigen Gelände üben einen nachteiligen Einfluß auf die Milchleistung aus (um ca. 25 % weniger als bei Stallfütterung), dem aber große Vorteile hinsichtlich der Auslese auf Widerstandskraft, Gesundheit und Futterdankbarkeit gegenüberstehen. Im Gebirge aufgezogene Kühe geben im Flachland im Durchschnitt etwa 1730 kg mehr Milch, außerdem mästet sich auch gealptes Vieh besser (Angaben der Pinzgauer Viehzuchtgenossenschaft).

Besonders für die Almen wird es immer schwieriger, Personal zu erhalten. Die finanziellen Belastungen, die die Sömmerung des Viehs mit sich bringen, sind für die wirtschaftlich schlechter gestellten Bauern sehr hoch. Bei schwerer und verantwortungsvoller Arbeit bietet sich hiezu für nur kurze Zeit eine Verdienstmöglichkeit. Die Almsaison fällt auch mit der Hauptarbeitszeit im Talbetrieb zusammen, wo jede Arbeitskraft dringend benötigt wird. Kühe können daher meist nur mehr gesömmert werden, wenn die Alpe durch Güterwege oder Materialseilbahnen erschlossen ist und den Abtransport der Milch ins Tal ermöglichen. Immer häufiger trifft man auch darauf, daß das Almpersonal untertags am Heimgut hilft, um nur am Abend zum Melken auf die Alm zu fahren. Die entlang der Glocknerstraße gelegenen Almen von Fusch und Heiligenblut sind in dieser Hinsicht günstig gestellt. Auch im Dorfer- und Ködnitztal bei Kals führen die Fahrwege ganz oder dicht an die Almen heran. Im Almtal von Ferleiten wird die Milch sogar jeden Tag vom Molkereifahrzeug geholt. Andere Almen hingegen können heute nur mehr mit Galtvieh bestoßen werden, zum Beispiel die Schranbachalpe (Gemeinde Kaprun). Der Abtransport der Milch, die ja im Sommer im Tal sehr benötigt wird, ist bei diesen Almen nicht möglich, und Personal zur Verarbeitung der Milch fehlt.

Bei diesem schon seit Jahrzehnten spürbaren Personalmangel ist es verwunderlich, daß in der Almwirtschaft der Glocknergruppe immer noch die Einzelsennerei dominiert. Auch bei den meisten großen Gemeinschaftsalmen hat jeder Bauer seine eigene Hütte für das Vieh und wirtschaftet darin selbst. So gibt es auf der Dorferalpe bei Kals 40 Almhütten (Almkataster der Gemeinde Kals, ca. 1951), von denen heute noch etwa 30 bewirtschaftet werden. Dieses Vielhüttenwesen und die Einzelsennerei bedeuten einen großen Rückstand in der Almwirtschaft. Vor allem die menschliche Arbeitskraft wird vergeudet, denn jeder Almbeteiligte sendet für durchschnittlich 3–4 Kühe eine Sennerin mit, und jeder Bauer verarbeitet seine Milch separat. Diese Wirtschaftsweise stellt aber keineswegs eine Besonderheit unseres Gebietes dar, sie ist auch sonst weit verbreitet. In der Schweiz wird sie als „Stümperbetrieb" bezeichnet, in den französischen Alpen spricht man von „petite montagne" im Gegensatz zu „Grande montagne" bei Gemeinschaftssennerei (H. SENDELE, 1963, S. 147f.).

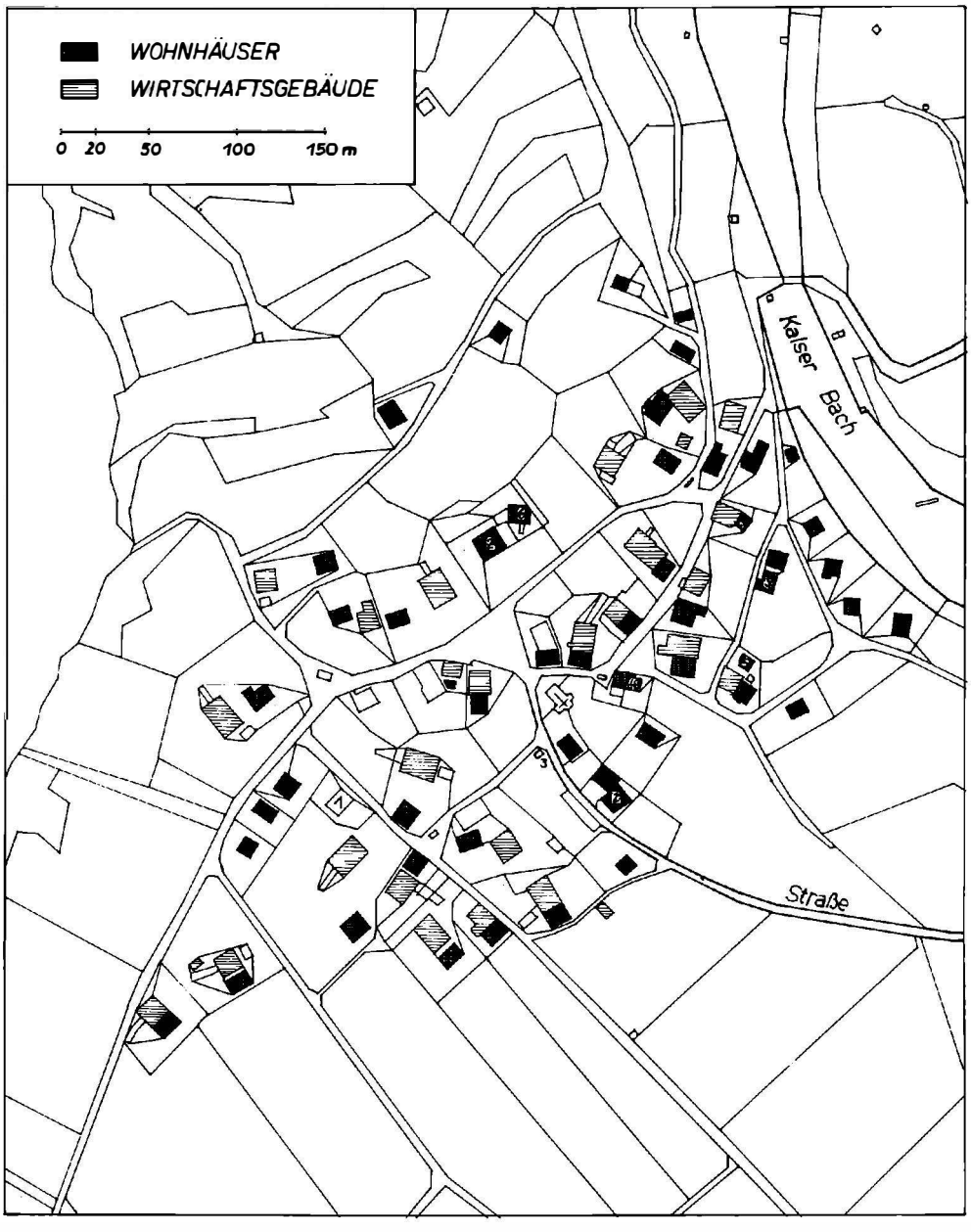
Erst in jüngerer Zeit ist man, vor allem in der Gemeinde Heiligenblut, auf einigen Almen zur gemeinsamen Verarbeitung der Almprodukte übergegangen. Der starke Druck der Agrarbehörden und großzügige staatliche finanzielle Unterstützungen waren dafür ausschlaggebend. Die Äußere Ebenalm im Gößnitztal hat sich vor kurzem umgestellt, im Guttal soll auch zur Gemeinschaftssennerei übergegangen werden. Andere bestehen bereits. Trotzdem bleibt auf dem Gebiet einer rationell gestalteten Almwirtschaft noch viel zu tun übrig.

Die Selbsthilfe-Einrichtungen der Bauern in Form verschiedenster Genossenschaften sind nicht fähig, die heute so schwierige Lage der Bergbauern grundsätzlich zu ändern. Wohl aber zeigen sich Wege auf, um die wirtschaftliche Not zu lindern und die zunehmende Ungleichheit der Einkommen von Bauern- und Industriearbeitern zu verringern. Durch vermehrten Gebrauch von Handelsdüngern könnte die Flächenergiebigkeit noch gesteigert werden, auch ist eine Qualitätssteigerung in den Erzeugnissen, besonders des Zuchtviehs, möglich. Am meisten verspricht jedoch eine weitestgehende Arbeitsrationalisierung. Es ist unausbleiblich, daß in nächster Zeit so manche alte Sennhütte, trotz aller mit ihr verbundenen bäuerlichen Romantik, der fortschrittlichen Gemeinschaftssennerei wird weichen müssen. Mähder, die nur Handarbeit gestatten, müßten aufgelassen werden. Auch der noch heute auf steilem Gelände betriebene Ackerbau rentiert sich nicht mehr. Von grundlegender Bedeutung ist dabei eine noch bessere Verkehrserschließung der Bauernhöfe und auch der Almen. Die Entwicklung der Landwirtschaft in diesem Gebiet und alle neuzeitlichen betriebswirtschaftlichen Maßnahmen setzen diese Verbesserung der äußeren Verkehrslage voraus. Besonders der Bau von Materialseilbahnen – ihnen kommt bereits heute unter allen bergbäuerlichen Betriebseinrichtungen große Bedeutung zu – müßte noch forciert werden.

Eine entscheidende Verbesserung des Lebensstandards der bergbäuerlichen Bevölkerung ist aber durch all diese Maßnahmen nicht möglich, eher schon durch den Fremdenverkehr. Er ist heute neben der Landwirtschaft der wichtigste Wirtschaftszweig der Glocknergemeinden. Ein Sommertag sieht mehr Touristen im Dorfbild als Einheimische. Der Bau der Felbertauernstraße hat in dieser Hinsicht auch dem Kalsertal manchen Vorteil gebracht. Der Fremdenzustrom, der die Fassungskraft der gewerblichen Fremdenbeherbergungsbetriebe schon übersteigt, sowie der zunehmende Wunsch nach „Ferien auf einem Bauernhof", haben dazu geführt, daß immer mehr Erholungsuchende in Bauernhöfen Quartier beziehen. Der Nebenerwerb durch den Fremdenverkehr ist deshalb gerade bei den Gebirgsbauern nicht zu unterschätzen. Für viele Höfe schafft aber erst eine Zufahrt die Möglichkeit, Zimmer zu vermieten. Höfe in schlechter Verkehrslage, solche in weniger reizvoller Umgebung oder mit vollkommen veralteten Gebäuden sind von einem derartigen zusätzlichen Verdienst ausgeschlossen. Vor allem sind das Höfe in Unter- und Oberlesach, Staniska und Oberpeischlach (Kalser Tal), viele Bauerngüter in Winkl und Untertauern (Heiligenblut). Die Fremdenverkehrssaison ist allerdings sehr kurz, sie beschränkt sich im wesentlichen auf die Monate Juli und August. Nur Heiligenblut hat bereits eine längere Wintersaison, von 80634 Übernachtungen erfolgten 34% im Winter (1966). Auch in Kals ist man mit Bedacht und Energie dabei, die zweite Saison aufzubauen, während in Fusch die Nähe bereits bekannter Schisportzentren (Kitzsteinhorn, Maiskogel, Schmittenhöhe usw.) sich ungünstig auswirkt. Insgesamt hat aber die Wintersaison für die bäuerliche Wirtschaft insofern geringe Bedeutung, als die Bauernhöfe kaum geeignete Unterkünfte (heizbare Zimmer) stellen können.

Eine wirkliche und dauerhafte Lösung des Bergbauernproblems dürfte nur durch die Erschließung zusätzlicher, nicht-landwirtschaftlicher Arbeitsplätze, durch Gründung von Industrien usw., möglich sein. Damit wäre der Bestand zahlreicher Bauernhöfe, die der Familie kein volles Auskommen mehr bieten, zumindest als Nebenerwerbsstelle gesichert. Sicherlich wird sich auch manches in Struktur und Charakter von Kals ändern, sobald man zur Verwirklichung des großen E-Werk-Projektes Dorfertal schreiten wird.

Die Verkehrserschließung, die weit gewordene Umwelt durch die Kontakte mit den vielen Gästen, die allmähliche wirtschaftliche Besserstellung und vieles andere mußten zu einer Umschichtung der Glocknerdörfer führen. Im Kalser Tal, dessen Autarkie erst vor verhältnismäßig kurzer Zeit gebrochen wurde, ist sie derzeit in vollem Gange. Es bleibt zu hoffen, daß diesen stolzen Menschen zu Füßen des Großglockners eine glückliche Synthese zwischen Einst und Jetzt gelingt.




Kartenskizze von Kals-Großdorf,
1 Feuerwehr, 2 Gasthöfe, 3 Kiosk, 4 Kaufhaus, 5 Handwerker (Schmied, Tapezierer), 6 Talstation der Bergbahn.

Das am nördlichen Rand des großen Schwemmkegels des Raseggbaches gelegene Haufendorf mit seinen unregelmäßig und locker angeordneten Gebäuden gibt 357 Menschen Wohnung (1961). Der Charakter des Ortes wird durch die meist aus Holz bestehenden, bäuerlichen Bauten bestimmt. Durch die Grundzusammenlegung (Plan 1959) entstanden große, regelmäßige Komplexe, deutlich aus dem Flurbild südlich von Großdorf (Dorfer Felder) ersichtlich.



Foto 1: Am Sonnenhang von Heiligenblut, auf dem ca. 90% aller Siedlungen liegen, sind alle kulturgeographischen Höhengrenzen deutlich sichtbar. Die höchsten Getreidefelder liegen beim Oberen Wegschneider (1617 m), gleichzeitig der höchsten Dauersiedlung von Heiligenblut (im rechten Bildteil). Über dem von Menschenhand stark gelichteten Wald die Almregion, die in Heiligenblut 43,5% der bewirtschafteten Gesamtfläche ausmacht (1966). Zuoberst sind die Kämme und Gletscher der Hocharn-Sonnblickgruppe sichtbar. (Foto TOLLINGER).



Foto 2: Kals-Großdorf (vgl. die Kartenskizze) mit Blick gegen den Weiler Glor (Hintergrund, Bild-Mitte). Durch die durch Jahrhunderte geübte Feldbestellung sind auf den steilen Hängen und Murenkegeln schöne Ackerterrassen entstanden, besonders deutlich im N von Glor, sowie oberhalb von Obcrlesach. (Foto KOLAR).



Foto 3: Der Weiler Glor (im Vordergrund) und Ködnitz (Kals-Hauptort). Der Ködnitzbach und der 30 m tief zwischen den großen Schwemmkegeln des Kalser Beckens eingeschnittene Kalserbach brachten dem Tal gerade in den letzten Jahren große Vermurungen. Derzeit wird hier eine Wildbachverbauung durchgeführt. (Foto KOLAR).

# Klima, Witterung und Wetter in der Großglocknergruppe

Von Hanns Tollner (Salzburg)

Das Großglocknergebiet aus tiefen Talgründen über den Wald-, Almen- und Ödlandgürtel hoch in die Region ewigen Eises emporragend, befindet sich in der „Klimazone der gemäßigten Breiten". Unter dem „Klima" versteht man die Gesamtheit der meteorologischen Erscheinungen, die den mittleren Zustand der Atmosphäre an einer bestimmten Stelle der Erdoberfläche charakterisieren. Das Klima ist damit die Gesamtheit der „Witterungen", wie sie durchschnittlich in einem längeren Zeitabschnitt aufzutreten pflegen. Das Klima wird durch die verschiedenen meteorologischen Elemente, wie Sonnenstrahlung, Lufttemperatur, Wind, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag usw. bestimmt. Die „Witterung" bezeichnet den Ablauf der meteorologischen Elemente ohne Bezug auf eine bestimmte Zeit oder mittlere Verhältnisse. Beispiel: Milder Winter. Das „Wetter" hingegen ist der Zustand der Atmosphäre, das Zusammenspiel der meteorologischen Elemente, zu einer bestimmten Uhrzeit.

Das wesentlichste Merkmal des Klimas der gemäßigten Breiten ist der mehr oder minder schroffe Gegensatz zwischen Sommer und Winter. Das Klima der gemäßigten Breiten entsteht vornehmlich durch das Eindringen von Luftmassen aus nördlicheren und südlicheren Breiten und durch eine Umwandlung ihrer physikalischen Eigenschaften in unserem Bereich. Die Eigenschaften der Luftmassen in der Zone der gemäßigten Breiten werden in erster Linie durch ihre Herkunft bestimmt, je nachdem ob es sich um Meeresluft oder Festlandsluft handelt. Die Meeresluft vom Atlantik landeinwärts strömend besitzt in der Regel eine verhältnismäßig große Luftfeuchtigkeit[1]. Die Schwankungen der Temperatur bleiben in ihr geringer als in der Festlandsluft aus östlicher Richtung. In die Großglocknergruppe gelangt mitunter auch noch feuchte Luft aus dem mittleren Mittelmeerraum.

Subtropische und subarktische Luftmassen dringen wiederholt in das Ostalpengebiet ein und verursachen in allen Jahreszeiten einen schroffen Wetterwechsel. Im Hochgebirge folgt auf ungewöhnlich warme Tage häufig ein „Wettersturz", eine ausgesprochen alpine Gefahr.

Der größte Teil der Niederschläge, die im Bereich des Großglockners fallen, stammt aus frontalen Vorgängen, aus „Warm- und Kaltfronten". In der warmen Jahreszeit spielen aber auch die Niederschläge der „thermischen Konvektion" eine Rolle. Wärmegewitter verursachen mitunter auch sehr ergiebigen Niederschlag. Im Winter gehen die Niederschläge auf den Zustrom von feuchter Meeresluft zurück (äußerer Feuchtigkeitskreislauf zwischen Meer und Land). Im Sommer bewirkt die Verdunstung an der Erdoberfläche eine zusätzliche Befeuchtung der Festlandsluft. Die Feuchtigkeit kehrt dann schließlich als Regen an irgendeiner anderen Stelle wieder auf die Erde zurück (innerer Feuchtigkeitskreislauf).

Nach dem Charakter der in den gemäßigten Breiten vorherrschenden Luftmassen unterscheidet man zwei Klimatypen, das kontinentale (festländische) und das ozeanische (Meeres-)Klima. Die Großglocknergruppe liegt in der Übergangszone des atlantisch-kontinentalen Klimaregimes.

Die physikalischen Eigenschaften der Festlandsluft ändern sich in den einzelnen Jahreszeiten. Im Sommer ist sie durch verhältnismäßig hohe Temperaturen gekennzeichnet. Im Winter besitzt die kontinentale Luft niedrige Temperaturen. Eine Schnee-

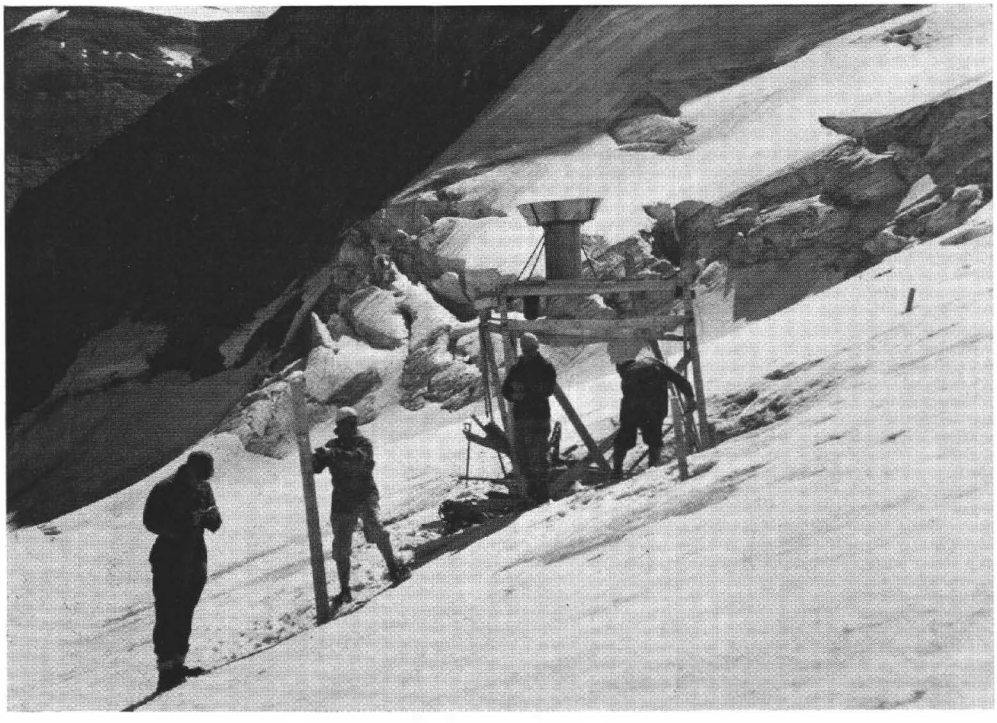
[1] Gehalt der Luft an Wasserdampf. Er ist die gasförmige Phase des Wassers und unsichtbar.

decke verursacht bei ruhigem Wetter eine weitere Frostverschärfung durch den Effekt nächtlicher Ausstrahlung. In abgeschlossenen Tälern und Becken bilden sich „Kälteseen". Im ozeanischen Klima der gemäßigten Breiten herrschen nicht nur geringere Temperaturunterschiede, sondern auch eine gleichmäßigere Verteilung der Niederschläge über alle Jahreszeiten als im Kontinentalklima.

Das Gebirgsrelief des Großglocknergebietes ist mit den großen Höhenunterschieden selbst wieder auf kleinem Raum ein enormer Klimaumgestalter. In den Tälern besitzt das Klima noch starke festländische Merkmale, auf den Hängen schwächt die Kontinentalität ab und in großen Höhen herrscht bereits fast ewiges Frostklima mit polarmaritimen Wesenszügen.

In Höhen von über 1000–1200 m spricht man bereits von „Höhenklima". Für den Menschen sind im Höhenklima bedeutungsvoll: Erniedrigter Sauerstoffteildruck, niedrigere Temperaturen, eine größere Lufttrockenheit und eine erhöhte Sonnenstrahlung, vor allem der Ultravioletttstrahlung.

Im Großglocknergebiet verursachen 19 „Wetterlagen" eine mehr oder minder augenfällige Veränderlichkeit des Wettercharakters. An 100–150 Tagen im Jahr beeinflussen „Westwetter" und „Nordwestwetter" das Wettergeschehen mit einer typischen Aufeinanderfolge der Erscheinungen. Der „Warmfront" gehen Dauerniederschläge (Landregen) geringer bis mäßiger Intensität voran oder folgen abgeschwächt auch noch nach. Die „Kaltfront" ist von kurzen und heftigen Niederschlägen (Schauer- oder Gewitterniederschlägen) begleitet. Die Annäherung einer Warmfront kündigt ein Aufzug bestimmter Wolkenarten an. Im hohen Niveau in über 5000 m verdichten sich weißliche Schleierwolken (Cirrus) immer mehr. Die Sonne scheint mit abnehmender Stärke durch. Dann setzen unter 5000 m graue Schichtwolken ein, durch die die Sonne zuerst noch schwach zu sehen ist (Altostratus translucidus). Weiters erfolgt dann Verdichtung zu dichtem Altostratus, aus dem es im Sommer bereits leicht und kleintropfig, aber anhaltend zu regnen beginnt. Zuletzt verwachsen die eben genannten Wolken mit tiefen Schichtwolken (Stratus) zu einer geschlossenen, dunkelgrauen, dichten Wolkenmasse. Der Niederschlag fällt weiter und wird großtropfiger. Nach dem Durchzug der Warmfront steigt die Lufttemperatur im „Warmsektor" an. Die Niederschläge lassen nach und die Mächtigkeit und das Ausmaß der Bewölkung nehmen besonders in den weiter vom Tiefdruckkern entfernten Teilen ab. In der Nähe des Tiefdruckkernes geht der Regen in Nieseln oder Sprühregen über. Das Herannahen der „Kaltfront" kündigen ebenfalls charakteristische Wolken im Warmsektor an. In der schichtförmigen Bewölkung taucht eine Barriere aufgetürmter Haufenwolken auf. Unmittelbar im Frontbereich fällt großtropfiger Regen (Schauer- oder Gewitterniederschlag), erfolgt rascher Rückgang der Temperatur, frischt der Wind mit Richtungssprung gegen Nord auf und steigt der Luftdruck kräftig an. Die „Rückseite" nach der Kaltfront äußert sich je nach den meteorologischen Verhältnissen im Glocknergebiet recht verschieden. Sie kann sowohl freundlichen tiefblauen Himmel mit vereinzelten weißglänzenden Quellwolken als auch schweres „Schauerwetter" bringen. Schauerwetter gibt es während des ganzen Jahres, am häufigsten aber im Frühling, im April und Mai. Ihre rasche Aufeinanderfolge verleiht bestimmten Zeitperioden den Charakter ungewöhnlicher Wetterveränderlichkeit. Im „Aprilwetter" wechseln blauer Himmel und strahlende Sonne mit rasch vorbeiziehenden Schauerwolken und heftigen Regen-Schnee- oder Graupelschauern manches Mal in Rhythmen von $^1/_2$ bis $1^1/_2$ Stunden ab. Schauerniederschläge fallen aus engbegrenzten Schauerwolken oder an der ausgebreiteten „Schauerfront" (Kaltfront oder Kaltluftstaffel). Örtliche Gewitter unterbrechen nur kurz Schönwettersituationen. Sie beschränken sich auf räumlich mehr oder weniger engbegrenzte Gebiete und bewegen sich meist nur wenig. Frontgewitter hingegen überziehen auf breiter Front, meist rasch fortschreitend, regional weite Flächen. Alle Arten von Gewittern können im Frühling oder Sommer Starkregen mit verheerenden Auswirkungen hervorrufen. Eine typische Gewitterbildung tritt erst dann ein, wenn der aufsteigende Luftstrom Höhen, in denen 10° Kälte herrschen, erreicht. Innerhalb einer Gewitterwolke sind Vertikalbewegungen der Luft bis über 20 m/sec möglich.



Gletscher-Totalisator auf dem Karlingerkees

Tiefer Luftdruck nordwestlich des Alpenkörpers setzt senkrecht zum Ostalpenkammverlauf Luftmassen aus der Poebene gegen den Hauptkamm zu in Marsch. An der Glocknersüdseite kommt es dabei zu „Stauerscheinungen", zum Entstehen mächtiger, dichter, hochreichender und von Haufenwolken durchsetzter Schichtbewölkung. Die Südströmungen geben an der Südabdachung reichliche Niederschläge ab und steigern diese über der höchsten Bergkulisse. Ein wenig greifen Niederschläge auch noch auf die Nordseite der Großglocknergruppe über. Dann sinkt die Strömung unter Wolkenabtrocknung als „Südföhn" in die nordseitigen Tauerntäler ab oder gleitet in der Höhe über die nicht verdrängte Talluft hinweg. Über dem Glocknerhauptkamm sitzt dann meist eine scheinbar bewegungslose, in Wirklichkeit aber ständig sich erneuernde Wolkenwand als Abbruch der Staubewölkung der Südseite. An manchen Stellen hängt diese „Föhnmauer" wie ein Wasserfall etwas auf der Leeseite herab. Die Häufigkeit dieses „Stau- und Föhnwetters" beträgt im Jahresdurchschnitt 75 Tage, in Extremfällen zwischen 30 und 100.

Ein über Oberitalien, die Nordadria nach Ungarn, Polen usw. wandernder Tiefdruckkern bewirkt einerseits in tiefen Schichten eine Zufuhr von Kaltluft aus nördlicher Richtung gegen den Glocknerraum und anderseits ein Aufgleiten von feuchter Warmluft aus Südosten über die in tieferen Lagen befindliche kältere Luft. Dieser Überschiebungsvorgang erzeugt hochreichende Wolkenfelder und Niederschläge meist längerer Andauer mit häufig starker Ergiebigkeit. Diese Wettertype, mit „Südostwetter" oder „Vb-Wetterlage" bezeichnet, als Anteil des Großglocknergebietes am mediterranen Niederschlagsregime tritt pro Jahr im allgemeinen 10–20mal auf, häuft sich aber im Frühling und Frühherbst. Die spätsommerlichen, oftmals verheerenden Hochwasser, insbesonders der obersten Möll, sind meist mit Vb-artigen Tiefdruckkernen südlich der Alpen verknüpft. Im Winter schneit es bei Vb-Wettersituationen mitunter so stark, daß in höheren Teilen der Glocknergruppe innerhalb von 24 Stunden eine Neuschneedecke von 1 m Mächtigkeit entsteht. Mit dem Einsetzen von Vb-Wetterzuständen besteht im

Glocknergebiet im Winter und Frühling immer die Gefahr gesteigerter Lawinenabgänge.

Durchschnittlich 100 Tage im Jahr beeinflußt irgendeine Art von Hochdruckwetter das Wettergeschehen im Glocknerraum. Mit zunehmendem Hochdruckeinfluß verflachen die Haufenwolken und schließlich zerfallen die Wolkenreste und trocknen völlig ab. Am Nachmittag bilden sich thermisch bedingt gelegentlich wieder an den Hängen „Schönwettercumuli". Bei windschwachem Hochdruckwetter werden die untersten Talräume durch eine ständige Luftverunreinigung zunehmend dunstiger. Im Laufe des Tages heben die Obergrenzen der Dunstfelder geringfügig an, lockern auf und verdichten wieder in der Nacht. Im Herbst und Winter ist bei hohem Luftdruck das Wetter der Niederungen häufig jenem in größeren Höhen entgegengesetzt. Infolge nächtlicher Ausstrahlung bilden sich in Tieflagen Boden- oder Hochnebel aus, die untertags zwar auflockern, aber vor allem im Winter nicht immer auflösen. Dadurch erscheinen in der kalten Jahreszeit von der Höhe gesehen die Talfurchen wie Meeresfjorde. In der Höhe aber scheint in reiner klarer Luft mit ausgezeichneter Fernsicht strahlende Sonne, und weiters ist es überaus trocken und ungewöhnlich warm. In der Tiefe aber bleibt es Tag und Nacht frostig, feucht und optisch außerordentlich trüb.

Zwischen ausgesprochenem Hoch- und Tiefdruckwetter existieren natürlich Übergänge, bei denen je nach der Temperaturschichtung besonders in der wärmeren Jahreszeit untertags Haufenwolken entstehen. Am Spätnachmittag erreichen sie ihre stärkste Ausbildung, gegen Abend sinken sie ab, verbreitern sich zu Wolkenbänken (Cumulus vesperalis) und lösen sich schließlich vollständig auf. Die einzelnen, während des Jahres vorkommenden Hochdruckwetterlagen werden durch Warmluftadvektion oder durch Kaltluftvorstöße beendet.

Der Luftdruck, das Gewicht der Luft am Beobachtungsort bis an die Obergrenze der Atmosphäre, nimmt mit wachsender Meereshöhe nach einer streng gesetzmäßigen Beziehung ab. Physiologisch wirksam ist nicht die allgemeine Luftdruckabnahme mit der Höhe, sondern der in gleichem Maße abnehmende „Sauerstoffteildruck". Auf den Menschen ist die Auswirkung des mit der Meereshöhe sich verringernden Sauerstoffteildruckes mannigfach und kompliziert. Die zunehmende Meereshöhe bewirkt einen Anreiz zu vermehrter und vertiefter Atmung. Längerer Aufenthalt in größeren Höhen führt zu einer Mehrbildung von Blutfarbstoff und roten Blutkörperchen. In über 3500 m Höhe beginnen bereits häufig Anzeichen der „Höhenkrankheit". Die Pulsfrequenz steigt an, es stellen sich Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schlaflosigkeit oder Schlafsucht ein, die Aufmerksamkeit und die Entschlußfähigkeit, Arbeitslust usw. lassen nach.

Auf dem Großglockner in 3798 m Höhe beträgt der mittlere Luftdruck nur mehr 473 mm. 38 % der irdischen Luftmasse liegen bereits unterhalb seines Gipfels. In 3000 m ist der durchschnittliche Luftdruck 527 mm, in 2500 m 561 mm, in 2000 m 597 mm und in 1000 m 676 mm. Bei Durchzug einer Gewitterfront können sehr rasche Änderungen des Luftdruckes eintreten. Innerhalb von wenigen Minuten kann ein jäher Anstieg um mehrere Millimeter erfolgen (Gewitternase). Je nachdem ob das Großglocknergebiet unter der Einwirkung eines Tief- oder Hochdruckgebietes steht, weichen die Tiefst- und Höchstwerte des Luftdruckes bis zu mehr als 20 mm vom Durchschnittswert der betreffenden Sechöhe ab.

Der mittlere Luftdruck zeigt einen deutlichen jahreszeitlichen Gang. Die jährliche Schwankung ist in großen Höhen stärker als in tiefen Lagen ausgeprägt. Im April stellt sich der tiefste und im August der höchste Luftdruck ein. Mitte September beginnt der Luftdruck wieder stark zu fallen. Die Höhenmesser der Bergsteiger (Aneroide) sind für eine mittlere Abnahme des Druckes und für mittlere Temperaturverhältnisse gebaut. In Kaltluftmassen erfolgt mit wachsender Meereshöhe eine raschere und in Warmluftkörpern eine langsamere Druckabnahme. Im Sommer nimmt der Luftdruck mit der Höhe um 3–5 % langsamer und im Winter um den gleichen Betrag rascher ab. Dieser Umstand hat zur Folge, daß die Höhenmesser beim Bergsteigen in der warmen Jahreszeit zu kleine und im Winter zu große Höhenunterschiede anzeigen. Es empfiehlt sich daher, das Aneroid bei Höhenmarken jeweils immer neu einzustellen.

Auch die Abweichungen von mittleren Temperaturen machen sich bei der Höhenmessung mit einem Aneroid beträchtlich bemerkbar. Ein Temperaturanstieg oder Fall von 10° C verursacht eine Höhenänderung der Luftsäule von ungefähr 4 %. In 2500 m ergibt sich daraus ein Höhenfehler von bereits 100 m. Es darf also nicht verwundern, wenn zum Beispiel auf dem Gipfel des Großglockners die Seehöhe auf dem Höhenmesser nicht schön mit jener in der Karte übereinstimmt.

Der Luftdruck läßt auch einen täglichen Gang erkennen. Am Morgen steigt der Luftdruck allgemein an. Um 10 Uhr vormittags beginnt er jedoch in tiefen Lagen zu fallen. In größeren Höhen steigt er hingegen noch weiter an. Diese tägliche Schwingung der Atmosphäre hängt mit der wechselnden Erwärmung der Lufthülle zusammen. Der fallende Luftdruck ab 10 Uhr ist nicht als ein Herannahen eines Tiefdruckgebietes aufzufassen. Es ist dies im Gegenteil ein Anzeichen einer normalen störungsfreien Wetterentwicklung.

Mit zunehmender Meereshöhe nimmt der Luftdruck weniger stark ab. Die „barometrische Höhenstufe" wird mit zunehmender Höhe immer größer. Sie ist die Höhe zweier Punkte, deren Luftdruck um 1 mm verschieden ist. In 1000 m Höhe beträgt sie etwa 11½ m, in 2000 m 13½ m, in 3000 m 15,3 m und in 3798 m nicht ganz 17 m. In 1000 m Höhe gelangt man schon nach 11½ m Steigen in einen um 1 mm tieferen Luftdruck und in 3000 m erst nach einem Anstieg von 15,3 m.

Außer dem meteorologischen Element Luftdruck ist auch die Intensität der Sonnenstrahlung höhenabhängig, wenngleich auch nicht in so hohem Maße. Die Stärke der „Globalstrahlung" (Summe von direkter Sonnenstrahlung und zerstreuter Himmelsstrahlung) nimmt mit der Höhe infolge immer größerer Luftreinheit beträchtlich zu. In der warmen Jahreszeit enthält die Luft mehr Wasserdampf als im Winter. Der Wasserdampf schwächt die Gesamtstrahlung etwas ab. In der Zeit des geringsten Wasserdampfgehaltes der Luft, im Winter, ist damit auch der Strahlungsstrom der Sonne am stärksten – gleiche Sonnenhöhen vorausgesetzt. Bei der Zunahme der Strahlungsstärke mit wachsender Seehöhe spielt vor allem der mit dem menschlichen Auge nicht mehr oder nur ganz schwach wahrnehmbare kurzwellige Anteil der Sonnen- und Himmelsstrahlung, das Ultraviolett (UV genannt), eine ungemein wichtige Rolle. Das UV ist in absolutem Maße nach Kalorien gerechnet ganz unbedeutend. In seiner chemischen Wirkung auf den Menschen aber ist es außerordentlich wirksam. Der UV-Reichtum stellt wegen seiner günstigen Einwirkung auf Mensch, Tier und Pflanze einen sehr wertvollen Klimaschatz des Gebirges dar, doch dürfen die Menschen die UV-Dosis nicht übertreiben. Sonnenbrand und Schneeblindheit gehen ausschließlich auf die UV-Einwirkung zurück. Der Glaube, daß die warme sichtbare Sonnenstrahlung oder der Wind die Rötung und Bräunung der menschlichen Haut hervorruft, ist irrig. Auch wenn keine Sonne scheint, ist die UV-Menge der diffus zerstreuten Himmelsstrahlung in hohen Gebirgslagen mitunter ganz ansehnlich. Selbst in nicht allzu dichtem Nebel, in Gipfelhauben usw., ist das UV oftmals gar nicht gering.

Die Schneedecke vermehrt je nach der Reinheit ihrer Oberfläche durch Rückstrahlung den UV-Genuß des Bergsteigers. Neuschnee reflektiert bis 88 % das einfallende UV. In hohen Mulden und Furchen des Hochgebirges empfängt man dann das UV nicht nur von oben, sondern auch von unten und von den Seiten. Die UV-Menge kann unter Umständen jene Intensität erreichen, wie an der Obergrenze der irdischen Lufthülle. Da dünne Hemdenstoffe oder dünne Frauenkleider etwas UV durchlassen, ist es möglich, daß ein bekleideter Bergsteiger oder eine Bergsteigerin, ohne daß die Haut der Sonne ausgesetzt ist, einen leichten Sonnenbrand am Oberkörper erleiden können.

Ein Übergenuß von UV ist schädlich. Die Intensität des Sonnenbrandes (Erythem) erreicht bekanntlich verschiedene Grade. Im ersten Grad treten auf: Rötung und Schwellung der Haut, vermehrtes Wärmegefühl und effektiv erhöhte Hauttemperatur, Empfindlichkeit gegen alle mechanischen Reize bei Druck, Dehnung und Berührung und gänsehautartige Schwellungen. Im zweiten Grad hebt sich die Oberhaupt blasig ab und aus den Blutgefäßen tritt Flüssigkeit unter die oberste Hautschicht. Mit einem stärkeren Sonnenbrand sind meist auch noch Schüttelfrost, Fieber und ein Mattigkeits-

gefühl verbunden. Die Zellschädigung der Haut durch zu starke UV-Bestrahlung bewirkt in der Regel auch ein Absterben großer Teile der Oberhaut, eine wenig schöne Schuppung. Nach der Abheilung des Erythems erfolgt dann die erwünschte Pigmentierung (Bräunung) der Haut. Eine starke UV-Dosierung führt bei Nichtverwendung von Gletscher- oder starken Sonnenbrillen zu „Schneeblindheit". Viel zu viel UV kann unter Umständen auch einen Sonnenstich mit Gehirnhautentzündung verursachen. Unangenehm ist auch die längere Einwirkung von UV auf die Lippen.

Außer dem im kalorischen Maß ausgedrückten Strahlungsklima ist das „Lichtklima" im Gebirge von größerer Bedeutung. Licht ist jener Teil des Spektrums, der dem menschlichen Auge unmittelbar wahrnehmbar ist. Bei wolkenlosem Himmel ist im Sommer die Lichtstärke (Globalbeleuchtungsstärke) in 3000 m Höhe bis zu 15% und im Winter bis zu 27% größer als in 1000 m. Bei einer geschlossenen Wolkendecke ist es in 3000 m bis über 50% heller als in 1000 m. Altschnee reflektiert das Tageslicht zwischen 40 und 75%, Neuschnee zwischen 75 und 90, Firn zwischen 25 und 30 und Gletschereis zwischen 10 und 35%. Bei Vorhandensein einer geringen bis mäßigen Haufenbewölkung entsteht eine mehrfache Reflexion zwischen der Erdoberfläche und den Wolken. Durch diesen Umstand können besonders bei frischem Neuschnee in allen Höhen des Großglocknergebietes außerordentlich hohe Lichtintensitäten erreicht werden, ein Umstand, der unter anderem auch beim Fotografieren zu beachten ist.

Das zeitliche Ausmaß der Sonnenscheindauer als Klimafaktor ersten Ranges wird außer durch die astronomischen Gegebenheiten noch durch die Horizontabschirmung und jeweils durch Stau- und Leelage bestimmt. Beurteilt nach den Registrierungen auf der Adlersruhe 3450 m und auf dem benachbarten Rauriser Sonnblick 3106 m sind im Jahresdurchschnitt 38–42% der effektiv möglichen Dauer des Sonnenscheins zu erwarten (relative Sonnenscheindauer). Die relative Sonnenscheindauer ist das Verhältnis der tatsächlichen zur möglichen Dauer unter Berücksichtigung der Horizontverhältnisse. Sie gibt an wieviel Anteile ausgedrückt in Prozent des Gesamtsonnenscheins die Bewölkung bis zum Beobachtungsort durchgelangen läßt. Die Talgründe des Großglocknergebietes sind sonniger als die großen Höhen. Der Jahresgang des Sonnenscheins verläuft in der Tiefe und in der Höhe nicht parallel. In Hochlagen ist der Winter am sonnigsten. In den Tiefenfurchen des Glockners vermindern bei winterlichem Schönwetter häufige und länger andauernde Boden- oder Hochnebel die Sonnenscheindauer. Im Frühling gleichen sich die Unterschiede zwischen der Höhe und der Tiefe aus. Im Sommer scheint dann in über 2500 m weniger Sonne als in den unmittelbar benachbarten Talgründen. Die einzelnen Gipfel und die höheren Kämme befinden sich auch bei Schönwetter häufig in Gipfelhauben oder Hangwolken. Der sonnigste Monat in der Glocknergruppe ist der September.

Die Bewölkung im Großglocknerbereich ist mit ihrer Vielfalt an Erscheinungsformen optisch das eindrucksvollste Wetterelement. In der warmen Jahreszeit entstehen die Wolkenarten der aufsteigenden Luftströme, die flachen oder etwas aufgetürmten blumenkohlartigen Quellwolken (Cumulus), die Schauerwolken vor allem im April und Mai und die Gewitterwolken (Cumulus nimbus), die mitunter bis in Höhen von über 9000 m aufragen. In den winterlichen Monaten überwiegen die schichtförmigen Wolken in tiefen und mittleren Höhen. Bei Föhnwetterlagen schweben gelegentlich scheinbar ortsfeste linsenartige oder fischförmige und manchmal auch perlmutterglänzende glatte Wolkengebilde (Altocumulus lenticularis) über der Gipfelregion des Glocknergebietes. Die Bewölkung läßt auch einen sehr deutlichen tageszeitlichen Gang erkennen. Das Minimum der Bewölkung währt meist vom Abend bis zum Morgen. Das Maximum pflegt sich am Nachmittag einzustellen. Gegen Abend nimmt dann die Bewölkung wieder ab. Im Sommer verlagern aber auch Gewitter das Maximum der Bewölkung in die Abendstunden.

Ein Klimaelement, das für den Bergsteiger zwar unsichtbar, aber doch von größerer Bedeutung ist, stellt die Luftfeuchtigkeit dar und zwar der Grad der Sättigung der Luft mit Wasserdampf, die „relative Luftfeuchtigkeit". Sie ist das Verhältnis der tatsächlich vorhandenen zur größtmöglichen (Sättigungs-)Feuchtigkeit, ausgedrückt in

Prozenten. Der Laie versteht gelegentlich unter Wasserdampf das, was aus dem Teekessel oder aus dem Schornstein der Dampflokomotive strömt. Hier handelt es sich bereits um eine Kondensation des Wasserdampfes, um kleinste Wassertröpfchen, also um eine kleine Wolke. Wolken sind Ansammlungen von feinen Wassertropfen oder winzigen Eisteilchen entstanden durch Kondensation oder Sublimation (Übergang vom gasförmigen in den festen Zustand).

Auf die Luftfeuchtigkeit reagieren viele Menschen recht empfindlich. Eine hohe Luftfeuchtigkeit oder gar Wasserdampfsättigung wird als schwül und drückend empfunden. Für das Einsetzen des Schwülegefühles ist der Dampfdruck von 14 mm maßgebend. Da der Wasserdampfgehalt der Luft höhenabhängig ist, stellen sich 14 mm Dampfdruck in größeren Höhen des Großglocknergebietes nicht mehr ein. In den Tälern aber treten 14 mm Dampfdruck mitunter vor Beginn eines Gewitters auf. Die Flucht vor der Schwüle ist eine der Ursachen für das Verlassen der Großstädte im Sommer. Es ist bekannt, daß Lufttrockenheit erfrischend und anregend wirkt und zwar selbst bei verhältnismäßig hohen Lufttemperaturen.

Die relative Luftfeuchtigkeit zeigt, sofern kein Luftmassenwechsel eintritt, in tiefen Lagen einen entgegengesetzten Verlauf zur Temperatur. Am Morgen stellt sich der Höchstwert ein. Der Tiefstwert tritt am Nachmittag auf. Mit dem Rückgang der Temperatur gegen Abend steigt die relative Feuchtigkeit wieder an, erreicht dann häufig den Sättigungspunkt und überschreitet ihn gelegentlich. Die Folge ist dann Taubildung in der warmen Jahreszeit, oder Reifentstehen in der kälteren. In größeren Höhen des Großglocknergebietes schwankt die relative Luftfeuchtigkeit häufig entgegengesetzt wie in den Tallagen. Während in den Talniederungen bei Schönwetter die Luft mit zunehmender Temperatur immer trockener wird, erreichen aufsteigende Luftströme in größeren Höhen durch ständige Abkühlung häufig Wasserdampfsättigung. Im „Cumulus-Kondensationsniveau" bilden sich dann die Schönwetter-Quellwolken. In größeren Höhen ist die Luft tagsüber häufig feuchter als in den Nachtstunden, in denen eine absinkende Luftbewegung die relative Feuchtigkeit etwas erniedrigt. Aus diesem Grunde fehlt auch in großen Höhen wiederholt die beinahe regelmäßig auftretende starke Taubildung der Niederung.

Die Lufttemperatur ist von allen meteorologischen Elementen am stärksten höhenabhängig. Sie nimmt mit der Höhe auf kleinem Raume sehr rasch ab und zwar im Sommer wesentlich stärker als im Winter. In den tiefen Talgründen können die Höchstwerte der Temperatur mitunter noch 30° C erreichen. Im Winter sind wenngleich auch nicht in allen Jahren – 30° C möglich. Auf der Adlersruhe stellen sich gelegentlich im Sommer Tageshöchstwerte der Temperatur von 12° C ein. Die Tiefstwerte sinken dort im Winter bis nahe – 40° C ab. Höhenbeeinflußt sind auch die Eintrittszeiten der Temperaturextreme. Der Tiefstwert der Temperatur ist knapp vor oder unmittelbar zum effektiven Sonnenaufgang zu beobachten, und zwar entsprechend den orographischen Verhältnissen in Hochlagen früher als in der Tiefe. Im August bemerkt man auf der Adlersruhe das durchschnittliche Minimum um 4, bei der Hofmannshütte um 5 und in Heiligenblut um 6 Uhr früh. Die mittlere Eintrittszeit der höchsten Tagestemperatur folgt dem höchsten Stand der Sonne sowohl auf den Höhen als auch in den Tälern meist um etwa 2 Stunden nach. Das vertikale Temperaturgefälle verschärft sich nicht nur von der kalten zur warmen Jahreszeit, sondern auch im Laufe des Tages vom Tiefstwert zur Zeit des Sonnenaufganges zum Höchstwert um Mittag herum. Die Hänge und Berggipfel erleiden nämlich kleinere tägliche periodische Schwankungen als Tieflagen.

Das Temperaturgefälle von tiefen nach hohen Lagen wird Temperaturgradient genannt und in Celsiusgraden für je 100 m Erhebung ausgedrückt. Die Größe der mittleren Monatsgradienten der Temperatur schwankt innerhalb verhältnismäßig weiter Grenzen. Der Temperaturabfall zeigt in allen Höhenstufen einen ausgeprägten Jahresgang mit den Maximalwerten 0,62 bis 0,69°/100 m im Spätfrühling und Frühsommer und mit den Kleinstwerten 0,03 bis 0,55°/100 m im Winter je nach der Basishöhe. Zwischen 800 und 1300 m herrscht in den Monatsmitteln der Temperatur Dezember und Januar nahezu Temperaturgleichheit (Isothermie).

Zur Kennzeichnung des Jahresganges der Lufttemperatur seien in Tabelle 1 Durchschnittswerte der einzelnen Monate und des Jahres für verschiedene Höhenstufen im Großglocknergebiet zwischen 750 und 3500 m Meereshöhe wiedergegeben. Das tiefste Monatsmittel der Temperatur stellt sich in den Tälern des Glocknergebietes im Januar ein, in Höhen von über 3000 m erst im Februar. Die Höchsttemperaturen sind in tiefen und mittleren Lagen im Juli und in der Region über 3000 m im August zu beobachten. In der Höhe der Firnfelder begegnet man den niedrigsten Temperaturen in der Regel um den 14./15. Februar, also 55 Tage nach der Wintersonnenwende. Die einzelnen Tagesmittel der Temperatur lassen auch den Eintritt der höchsten Temperaturen des Jahres erkennen. Auf der Adlersruhe verspätet sich das Maximum um 51 bis 61 Tage nach dem Tag mit dem Höchststand der Sonne.

Tab. 1: Mitteltemperaturen und mittlere Jahresschwankung in verschiedenen Höhen der Glocknergruppe in °C (Periode 1901–1960).

| Höhe in m | Monate J. | F. | M. | A. | M. | J. | J. | A. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 750 | − 5,3 | − 3,7 | 1,7 | 6,7 | 11,9 | 14,8 | 16,3 | 15,6 |
| 1000 | − 4,6 | − 2,8 | 1,1 | 5,9 | 10,5 | 13,1 | 14,5 | 14,5 |
| 1500 | − 5,2 | − 5,4 | − 0,9 | 2,5 | 7,1 | 9,7 | 12,2 | 11,8 |
| 2000 | − 7,4 | − 6,8 | − 4,2 | − 1,0 | 3,6 | 6,2 | 8,8 | 8,4 |
| 2500 | − 9,9 | − 9,8 | − 7,4 | − 4,4 | 0,3 | 5,1 | 5,2 | 5,2 |
| 3000 | − 12,4 | − 12,6 | − 10,7 | − 7,8 | − 3,1 | − 0,1 | 2,0 | 1,9 |
| 3500 | − 14,9 | − 15,2 | − 14,0 | − 11,2 | − 6,5 | − 3,6 | − 1,3 | − 1,4 |

| Höhe in m | Monate S. | O. | N. | D. | Jahr | Unterschied zwischen wärmstem und kältestem Monat |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 750 | 12,6 | 7,3 | 1,3 | − 3,7 | 6,3 | 21,6 |
| 1000 | 11,9 | 6,7 | 1,1 | − 3,3 | 5,8 | 19,7 |
| 1500 | 9,5 | 5,0 | − 0,2 | − 3,8 | 3,5 | 17,4 |
| 2000 | 6,3 | 2,2 | − 2,4 | − 5,5 | 0,8 | 16,2 |
| 2500 | 3,0 | − 0,9 | − 5,3 | − 8,2 | − 2,4 | 15,3 |
| 3000 | − 0,3 | − 3,9 | − 8,1 | − 11,0 | − 5,6 | 14,6 |
| 3500 | − 3,6 | − 7,0 | − 10,9 | − 13,8 | − 8,8 | 13,9 |

Zur Beurteilung der mittleren Temperaturwerte des Glocknergebietes seien Daten von Orten angegeben, an denen ähnliche Verhältnisse herrschen: Jakobshavn in Grönland Jahr − 6,3°C, Jänner − 18,0°C Juli + 7,6°C, Nowaja Semlja in 72,4 Grad nördlicher Breite Jahr − 6,0°C, Jänner − 15,7°C, Juli − 6,4°C, und Obdorsk in Sibirien Jahr − 7,0°C, Jänner − 25,6°C, Juli + 8,0°C. An allen erwähnten Stellen der Polarregion und Sibiriens ist die Jahresschwankung wesentlich größer als in 3000 − 3500 Meter Höhe im Glocknergebiet. Im hohen Norden sind die Winter kälter, besonders auf dem sibirischen Festland, und die Sommer viel wärmer.

Die Schwankung der einzelnen Monatsmittel der Temperatur erscheint in den tiefsten Lagen des Großglocknergebietes mit einem Gegensatz (Amplitude) von 21,6° stark kontinental. Mit der Höhe an Gegensätzen abnehmend, äußert der Jahresgang der durchschnittlichen Temperatur-Monatswerte in 3500 m mit einem Unterschied von nur mehr 13,9° zwischen wärmsten und kältestem Monat bereits ozeanische Merkmale. Die „Nullgrad-Jahresisotherme" liegt in der Großglocknergruppe in rund 2100 m, das ist 100 bis 200 m höher als die dortige Baumgrenze. Die Nullgrad-Juliisotherme befindet sich an der Nordseite des Glockners bei 3250 m und an der Südflanke in 3350 m. Die Juliisotherme 5° rückt bis gegen 2600 m hinauf. Die Nullgrad-Grenze steigt im gesamten Glocknerbereich wegen der nur zögernden Schneeschmelze in der ersten Jahreshälfte nur langsam in die Höhe, um im Herbst bei wieder eintretenden Schneefällen verhältnismäßig rasch in die Tiefe zu sinken.

An manchen Stellen spielen auch Lokaleinflüsse auf die Temperatur eine Rolle. Im unmittelbaren Bereich der Gletscherzungen wird durch den Kaltlufthauch der Eisströme die Temperatur etwas herabgedrückt. Diese örtliche Temperaturerniedrigung erklärt die mehr kälteliebende Ufer- und Vorland-Vegetation der Gletscher. Als stark

wärmebegünstigtes Gebiet ist die südexponierte Gamsgrube mit ihrer für ihre Seehöhe einzigartigen alpinen Vegetation anzusehen. Das Geheimnis der in der Gamsgrube herrschenden wunderbaren alpinen Flora beruht, abgesehen von günstigen Bodenverhältnissen, auf einer bei Schönwetter auftretenden Übererwärmung durch Strahlungseinwirkung. Sie führt letztlich dazu, daß dort an heiteren und wolkigen Tagen, die gerade für den Pflanzenwuchs ausschlaggebend sind, in den Mittagsstunden Luftzustände herrschen, wie sie im Durchschnitt erst 200 m und in Einzelfällen 400 m tiefer angetroffen werden.

Die Monatsmittel der Temperatur entstehen aus einer Aufeinanderfolge recht unterschiedlicher Größen. Im Ablauf eines Jahres treten mehr oder weniger pünktlich wiederkehrende Wärme- und Kältespitzen auf. Um den 10. und um den 20. August herum ist zum Beispiel in größeren Höhen des Großglocknergebietes mit sehr warmem Wetter zu rechnen. Im allgemeinen sind nun verhältnismäßig hohe Sommertemperaturen mit heiterem und beständigerem Wetter verknüpft.

Die „Luftströmungen", die dem allgemeinen Luftdruckgefälle entsprechen, sind in der Glocknergruppe meist nur in großen Höhen festzustellen. In der Höhe der einzelnen Gipfel erfolgt die Luftzufuhr vorwiegend aus Südwest bis West. In 3000 m Höhe beträgt die durchschnittliche Geschwindigkeit des Windes ungefähr 5,7 m/s und über den Talböden der Niederung nur 2,0 m/s. Die Windgeschwindigkeit in der Gipfelregion besitzt einen deutlichen jahreszeitlichen Verlauf mit den Höchstwerten im Winter und den Tiefstwerten im Sommer. In über 3000 m Höhe sind im Durchschnitt 99 Tage mit stürmischen Winden (mehr als 37 km/h) zu erwarten. Als größte mittlere Windgeschwindigkeit sind 140 km/h anzunehmen. Für den Gipfel des Großglockners bedeutet dies, daß Spitzenböen nahezu 180 km/h erreichen können. In den Talfurchen wehen die Winde, aus der ursprünglichen Richtung abgelenkt, vorwiegend talauf oder talab. In der wärmeren Jahreszeit findet in der Regel am Vormittag ein Wechsel zwischen dem Talab- und dem Talaufwind statt. In den frühen Abendstunden kehrt diese „tagesperiodische Zirkulation" um. In der warmen Jahreszeit entwickelt sich über den Eisflächen der Gletscher der „Gletscherwind", ein Schwerewind, in der Richtung gletscherabwärts.

Die quer zur Streichungsrichtung des Tauernhauptkammes andrängenden Luftströmungen rufen an der Luvseite Stau- und in Lee Föhnerscheinungen typischer Art hervor. Die bei der absinkenden Luft zu beobachtenden horizontalen Bewegungskomponenten sind vielfach stürmisch. Sie führen die Bezeichnung „Föhn". In tiefen Lagen sind seine allgemein bekannten Merkmale verhältnismäßig hohe Lufttemperatur, sehr geringe relative Luftfeuchtigkeit und ausgezeichnete Fernsicht. In der Höhe ist die Föhnströmung kalt. Im Großglocknergebiet gibt es Süd- und Nordföhne einerseits und mitunter auch einen „antizyklonalen" oder „freien Föhn" andererseits. Südföhne wirken sich in den Tälern der Großglocknergruppe durchaus nicht gleich intensiv aus. Sie erreichen auch keineswegs immer die Talsohle. Hin und wieder indizieren sich im Winter Föhnströmungen in der Höhe, indem sie den Schneebelag von den Bäumen schütteln, während darunter im Bereich der ruhigen Talluft, meist schnurgerade abgeschnitten, der Wald weiß verschneit bleibt. Die Talschlüsse der Süd–Nord verlaufenden Tauerntäler sind weniger vom Föhn heimgesucht wie mittlere oder untere Abschnitte. In den innersten Talstrecken brausen nicht selten Föhnstürme über Kaltluftpolster hinweg und erreichen erst weiter talauswärts die Talböden. Damit besteht in den Tauerntälern nicht in allen Teilen gleiche Föhnhäufigkeit. Im Winter und Sommer kommen Föhnwinde seltener als im Frühling und Herbst vor. In der kälteren Jahreszeit oder abends und nachts fallen sie mit ihrer Wärme und Trockenheit naturgemäß auch stärker auf als in dem ohnehin warmen Sommer. Im Mittel können in den regelmäßig föhnfrequentierten Tauerntälern im Jahr etwa 75 Tage mit Föhn angenommen werden. Drei Viertel aller Südföhntage häufen sich zu mehrtägigen Perioden, ein Viertel, stellt sich getrennt ein. Die Zahl der Nordföhne an der Südflanke des Glocknerstockes ist wesentlich geringer als jene des Südföhns. Die kennzeichnenden Merkmale sind dort überdies auch etwas weniger deutlich ausgeprägt als an der Tauernnordseite.

Außer dem Süd- und Nordföhn gibt es gelegentlich den freien Föhn. Bei diesem sinkt die Luft aus größeren Höhen ohne wesentliche horizontale Bewegungskomponenten ab. Dieses Absinken der Luft ist ebenfalls von Föhnerscheinungen begleitet, doch ist es als Wind bedeutungslos.

Bei möglichst senkrecht gegen den Tauernhauptkamm verlaufenden Föhnströmungen deformieren die Schichten über dem Gebirgsrelief mit wellenförmigen Auf- und Abwindfeldern bis in die Höhe der Stratosphärengrenze. Am 11. Oktober 1941 überflog ein motorloses Flugzeug unter Ausnützung dieser „Föhnwogen" das Glocknergebiet in 11 400 m absoluter Meereshöhe.

Die Großglocknergruppe befindet sich ungefähr Mitte Juni in einem hochreichenden Zustrom eines regelmäßig wiederkehrenden europäischen „Sommermonsuns" ozeanischer Natur. Bei seinem Einbruch ist zwar keine Windrichtungsänderung um 180° wie in den typischen Monsunländern zu beobachten, sondern nur eine geringfügige Drehung etwas über West gegen Nord, doch treten dabei in der Regel so kennzeichnende Wetteränderungen auf, daß der Monsunbeginn meist sehr markant erscheint. Er unterbricht den in der ersten Junihälfte kräftigen kontinuierlichen Anstieg der Temperatur durch einen empfindlichen Temperatursturz mit Schneefall bis in tiefe Lagen herab. Dieser Winterrückfall führt im Volksmund die Bezeichnung „Schafkälte", weil in dieser Zeit oftmals bereits auf Almen aufgetriebene Schafe erfrieren. Monsunpulsationen schwächerer Intensität folgen während des Sommers häufig in einem 10tägigen Kollektiv-Rhythmus nach. „Wintermonsune" festländischer Eigenart mit verschieden langer Andauer stellen sich ebenfalls mehr oder minder regelmäßig ein. Die Kälteperiode Mitte Dezember bis Weihnachten hängt mit dem Eintreffen wintermonsunaler Luftströmungen aus östlicher Richtung zusammen.

Sehr stark höhenabhängig sind in der Großglocknergruppe auch die Mengen und die Art des atmosphärischen Niederschlages. Im Jahresdurchschnitt fallen in Heiligenblut nur 900 mm, in Zell am See 1070 mm, in Kaprun 1100 mm, in Guttal 1580 mm, beim Glocknerhaus 1700 mm, bei der Oberwalderhütte 2400 mm und auf der Adlersruhe über 3000 mm. Ein Millimeter Niederschlag bedeutet ein Liter Wasser je Quadratmeter Bodenfläche. In tiefen Tallagen stellt sich der Monatshöchstwert im Juli ein. Mit zunehmender Meereshöhe verschiebt sich das Monatsmaximum um 1–3 Monate nach vorne. Die Nordseite der Großglocknergruppe ist etwas niederschlagsreicher als die Südabdachung. In Höhen von über 3000 m fällt an ungefähr 250 Tagen Niederschlag (auch die kleinsten Mengen miteingerechnet). In den Tälern beträgt die Häufigkeit des Auftretens von Niederschlägen nur etwas mehr als 100 Tage. Am niederschlagsärmsten ist in der Höhe der September als Auswirkung des „Altweibersommers". In der warmen Jahreszeit geht ein großer Teil des Niederschlages auf „Frontgewitter" und „Lokalgewitter" (Wärmegewitter) zurück. In hohen Lagen überwiegen schwache elektrische Entladungen mit vielfach nur leisem Zischen gegenüber den starken Blitzerscheinungen mit heftigem Donner in den Tälern. In Gewitterwolken wird auch der Bergsteiger elektrisch aufgeladen. Die Haare stellen sich auf, der Hut wird in die Höhe getrieben und aus Ohren und Nase können kleine Funken gezogen werden. Rundherum beginnt alles leise zu knistern. Bei Gewittern in der Nacht ist in großen Höhen häufig auch „Elmsfeuer" – flächenmäßiges oder büschelförmiges geisterhaftes Leuchten an Türmen, Wänden, Mastspitzen usw. – zu beobachten.

Mit wachsender Meereshöhe fällt der Niederschlag immer mehr und mehr in fester Form. Die Zahl der Tage mit „Schneefall" steigt von 30 Tagen in Zell am See und ungefähr 50 in den bewohnten Tälern des Glocknergebietes ständig mit der Höhe an. In Höhen von etwas über 3300 m fallen nur mehr wenige Prozent des Gesamtniederschlages in flüssiger Form. In Höhen von 2900–3000 m bleibt ein Teil des schneeigen Niederschlages das ganze Jahr liegen. Die „Firngrenze" entspricht der im Spätsommer erreichten höchsten Lage der von der Jahreszeit abhängigen temporären (zeitweiligen) Schneegrenze. Auf schattseitigen Hängen liegt sie meist etwas tiefer als auf der Sonnenseite. Unterhalb der Schneegrenze überdauern auch meist in Rinnen und Mulden Schneeansammlungen den Sommer (perennierende Schneefelder). In den tieferen Tauerntälern

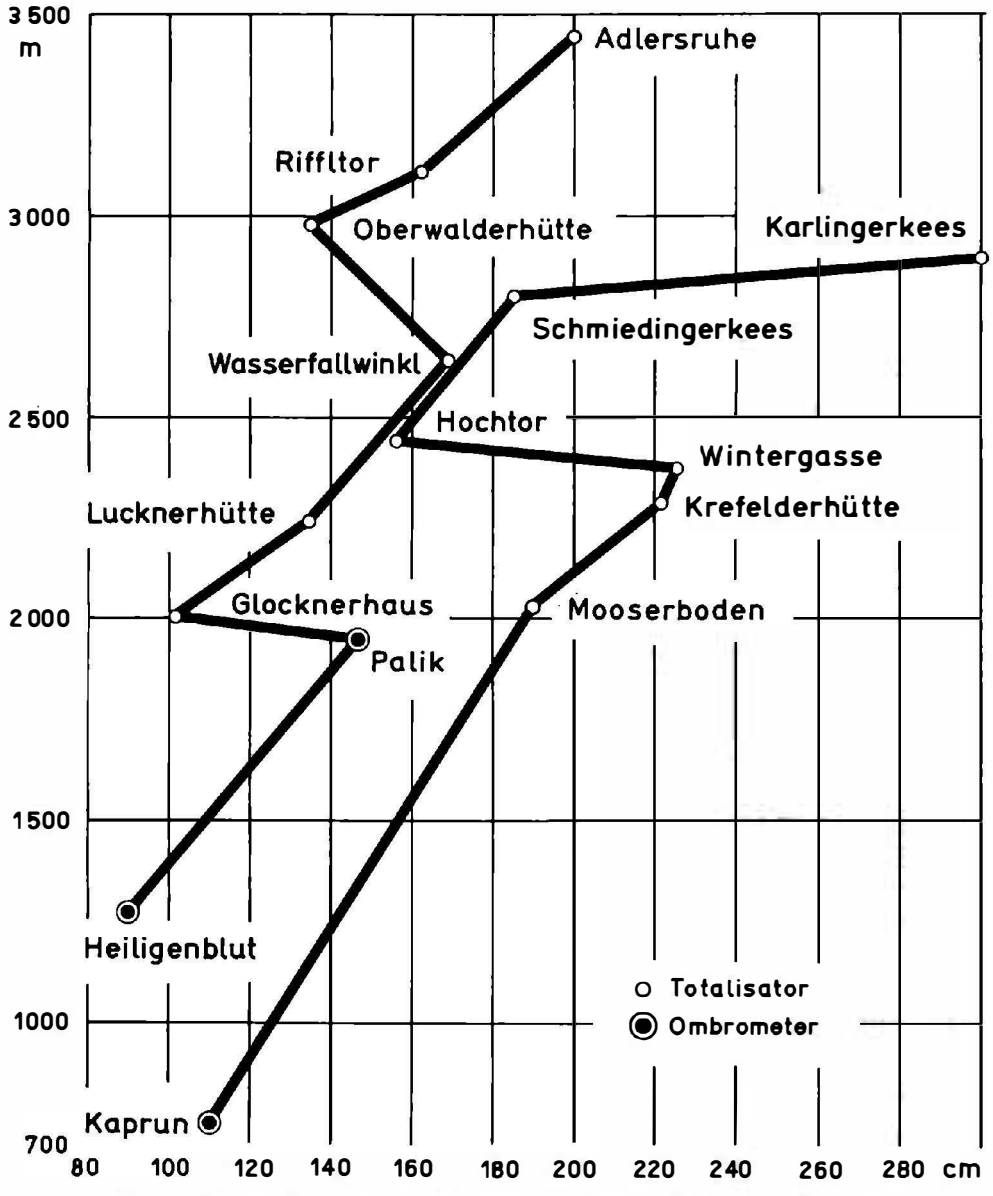



Abb. 1. Höhenverteilung des Jahresniederschlages aus Totalisatoren, ergänzt durch Ombrometer in Tallagen.

bleibt der Schnee 120–160 Tage liegen. Die Mächtigkeit der Schneedecke nimmt von unten nach oben beträchtlich zu. Die mittlere größte Schneehöhe steigt allmählich von Zell am See mit 57 cm auf mehr als 4 m in der 3000-m-Höhenstufe an. Trieb- oder Treibschnee-Verlagerungen über hohe Grate und Kämme hinweg und etwas tiefer auf flacheren Teilen liegen geblieben, erzeugen mitunter eine Schneedecke von nahezu 10 m Mächtigkeit. Diese mächtigen Schneeablagerungen unterhalb hoher Kämme, Rücken und Grate, in der Lawinenkunde „Schneebretter" genannt, sind häufig die Ursache für einen Abgang der „Schneebrettlawinen". In tiefen Tallagen stellen sich die größten Schneehöhen im allgemeinen im Februar ein. Mit zunehmender Höhe verschieben sie sich auf März/April und in 3000 m Höhe in der Regel auf Ende Mai.

Zum Abschluß noch eine Bemerkung zu: „Der Bergsteiger, sein eigener Wetterprophet“ die Mitteilung der einfachsten Form der „Bergregel“. Fällt in großen Höhen der Luftdruck und sinkt die Lufttemperatur ab, so ist in weiterer Folge ausgesprochenes Schlechtwetter zu erwarten. Nimmt nur der Luftdruck ab und die Temperatur bleibt gleich, oder geht nur die Temperatur zurück und der Luftdruck zeigt keine wesentlichen Änderung, dann erfolgt nur vorübergehend Wetterverschlechterung unterschiedlichen Grades. Steigt in der Höhe der Luftdruck an und wird es auch merklich wärmer, ist mit Sicherheit Wetterbesserung anzunehmen. Nimmt nur die Temperatur zu und der Luftdruck ändert sich nicht, oder es steigt der Luftdruck zwar an, aber die Temperatur geht nicht in die Höhe, so ist nur mit einer mäßigen Wetterbesserung zu rechnen.

# Geologie der Glocknergruppe

Von Wolfgang Frank (Wien)

Vorbemerkung . . . . . S. 95
*Allgemeines zum Tauernfenster und zur Glocknergruppe*
Das Tauernfenster . . . . . S. 96
Seriengliederung im Pennin und Fazieszonen der Bündnerschiefer . . . . . S. 96
Zur Metamorphose . . . . . S. 98
Tektonische Einheiten und Strukturen in der Glocknergruppe . . . . . S. 99
*Die Baueinheiten der Glocknergruppe:*
Granatspitzkern . . . . . S. 100
Granatspitzhülle . . . . . S. 101
Riffldecken . . . . . S. 102
Obere Schieferhülle . . . . . S. 103
Matreier Zone . . . . . S. 104
Fuscher Schieferhülle . . . . . S. 105
Seidlwinkldecke . . . . . S. 106

## Vorbemerkung

Der Beitrag aus dem Gebiet der Geologie zur vorliegenden Festschrift über die Glocknergruppe soll dem Wunsch der Herausgeber folgend, nicht so sehr der Behandlung einer speziellen Frage gewidmet sein, sondern den Versuch unternehmen, Baumaterial und Baustil der ganzen Gruppe nach unseren heutigen Vorstellungen dem interessierten Leser nahezubringen. Daß damit viel schon Bekanntes wiederholt werden muß, liegt auf der Hand. Die auf der Grundlage der ersten Ausgabe der Alpenvereinskarte 1:25 000 der Großglocknergruppe mit der Unterstützung des D.u.ÖAV. durchgeführte geologische Kartierung von H. P. CORNELIUS und E. CLAR[1] ist mittlerweile schon zu einem klassischen Beispiel hochalpiner Geologenarbeit geworden, die vornehmlich das Beobachtungsmaterial in den Vordergrund stellt. Die seitdem eingetretenen Änderungen in Seriengliederung und Tektonik sind vorwiegend bei G. FRASL, 1958, dargelegt und begründet. Eine Kurzdarstellung der Geologie in der Art der Erläuterungen zur geologischen Karte des Großglocknergebietes fehlt jedoch seit längerer Zeit und so sei es hier versucht, diese Lücke zu schließen. Bezüglich einer näheren Gesteinsbeschreibung und der Variabilität der einzelnen Gesteinsgruppen muß auf die in ihrer Ausführlichkeit und Exaktheit kaum überbietbare monographische Beschreibung des Baumaterials der Glocknergruppe von H. P. CORNELIUS und E. CLAR, 1939, verwiesen werden, ohne daß dies im Text immer vermerkt ist. Eine mehr allgemein gehaltene Einführung in die Geologie der Mittleren Hohen Tauern gibt auch die Darstellung von G. FRASL und W. FRANK, 1966. Der Leser, der darüber hinaus noch weiteres Interesse hat, sei auf die übrigen Arbeiten des Literaturverzeichnisses verwiesen. Für die Glockner- und Granatspitzgruppe wurden hier die Arbeiten aus dem Fachgebiet Geologie – Petrographie – Mineralogie – Bergbau – Baugeologie ziemlich vollständig und ebenso die wichtigsten Arbeiten mit reichhaltigen Literaturverzeichnissen aus den Nachbargebieten angeführt.

[1] Im Folgenden abgekürzt als Glocknerkarte bezeichnet.

## Allgemeines zum Tauernfenster und zur Glocknergruppe

### Das Tauernfenster

Als Tauernfenster wird in den Ostalpen der etwa 30 km breite und 160 km lange Gebirgsstreifen vom Brenner bis zum Katschberg bezeichnet, in dem in Form eines langgestreckten Gewölbes unter dem ostalpinen, sicher vormesozoischen „Altkristallin" wieder jüngere, aber epi- bis mesozonal metamorphe mesozoische Gesteine emportauchen. Während im Westen (Stubai-Ötztalgruppe), Süden (Rieserferner-, Schober-, Kreuzeckgruppe) und Osten (Schladminger Tauern) die Altkristallin-Umrahmung geschlossen ist, deuten im Norden nur kleinere Schollen die Position des Kristallins an; auf der Strecke Mittersill-Radstadt fehlt dieses überhaupt ganz. Hier grenzt entlang einer großen Störungszone die Grauwackenzone der Kitzbüheler Alpen mitsamt den auflagernden Kalkalpen an den Fensterinhalt. Auch diese oberostalpine Einheit wird heute von den österreichischen Geologen allgemein als ferntransportierte Schubmasse betrachtet, die auf fremdem Untergrund schwimmt und ursprünglich S der Tauern beheimatet war.

Der Fensterinhalt besteht aus zwei tektonischen Großeinheiten, wovon die obere Deckengruppe, das „Unterostalpin" nur in den Tarntaler Bergen (samt der Fortsetzung bis Krimml und die Innsbrucker Quarzphyllitzone) und in den Radstädter Tauern mit gut fossilbelegten mesozoischen Serien entwickelt ist. In der übrigen Umrahmung des Tauernfensters repräsentieren nur untergeordnete Schollen die Fortsetzung dieser Einheit, bzw. sie fehlt gänzlich. Der tiefere, weitaus größere Teil des Tauernfensters wird von metamorphen Gesteinsfolgen eingenommen, in denen P. TERMIER 1903 die direkte Fortsetzung der Mesozoikum enthaltenden „penninischen" Zone der Westalpen erkannte, die an der West-Ostalpengrenze unter die obengenannten ostalpinen Einheiten untertaucht. In einem Transport gewaltigen Ausmaßes wurden die letzteren, mehrere Kilometer mächtigen Gesteinsmassen über die penninische Zone geschoben, nachträglich dann wieder erodiert, so daß die zuerst versenkten und dabei metamorph gewordenen Gesteine heute in einem Fenster wieder sichtbar geworden sind (Abb. 1).

### Seriengliederung im Pennin und Faziezonen der Bündnerschiefer

Seit altersher wird in diesem tieferen, penninischen Fensteranteil zwischen den Zentralgneisen und der Schieferhülle unterschieden. An stratigraphisch verwertbaren Fossilresten in der Schieferhülle ist bis jetzt noch immer der *Perisphinctes* (R. KLEBELSBERG, 1940; G. MUTSCHLECHNER, 1956) aus dem Oberjura des Hochstegenkalkes von Mayrhofen im Zillertal neben einem Fund von vermutlich mitteltriadischen Kalkalgen (H. BOROWICKA, 1966) aus dem Triaszug im Dietlsbachtal WSW Kaprun, allein geblieben. Trotzdem eine Alterseinstufung mit Fossilien unmöglich ist und trotz der Schwierigkeiten, die durch die allgemeine herrschende Metamorphose und kräftige Verschieferung entstehen, sind wir doch in der Lage, glaubhaft mesozoische und paläozoische Anteile in der Schieferhülle auch kartenmäßig zu unterscheiden. Die Methode dazu ist das genaue Studium der primär-sedimentären Gesteinszusammenhänge und der Serienvergleich mit altersmäßig besser fixierten Gesteinsfolgen auch außerhalb des Tauernfensters.

Auf diese Weise sind nach G. FRASL 1958 in der penninischen Schieferhülle, besonders im Mittelabschnitt, fünf große Serien unterscheidbar:

1. Das Altkristallin; das heißt schon vormesozoisch stark metamorph umgeprägte Gesteinsfolgen von vorwiegend Paragneisen bis Glimmerschiefern, daneben Amphibolite, granitoide Orthogesteine und Migmatite. Naturgemäß ist die scharfe Abtrennung dieser Serie von der nächstgenannten teils wegen der bereichsweise recht kräftigen alpidischen Tauernmetamorphose und teils wegen eines bereichsweise

schon vormesozoisch vorhandenen Überganges in schwach metamorphe Deckschichten nicht immer möglich.

2. Habachserie; eine im wesentlichen altpaläozoische Geosynklinalserie von kalkfreien, dunklen Phylliten und Hellglimmerschiefern, verbunden mit riesigen Massen basischer, aber auch intermediärer und saurer Vulkanite (besonders im äußeren Habachtal bis über das Stubachtal nach Osten verbreitet). In den übrigen Tauern ist das Paläozoikum mitunter in einer etwas anderen Serienzusammensetzung entwickelt.
3. Wustkogelserie; Permoskyth; oft grünlich gefärbte, da phengitführende[2] Arkoseschiefer- bis Arkosegneise, Quarzphyllite, Glimmerquarzite, Quarzite, Lagen von Porphyroid, Geröllagen.
4. Trias; Kalkmarmor, Dolomite, Rauhwacken, Gips, ursprünglich tonig-siltige Quartenschiefer (jetzt lichte Chloritoidphyllite) und Keuperquarzit.
5. Bündnerschieferserie; eine in mehrere Fazieszonen gliederbare, primär bis zu 3000 m mächtige Serie von Glimmermarmoren bis Kalkglimmerschiefern, bzw. Kalken – Kalkphylliten und Ophiolithen (= basische Vulkanite und Intrusiva, Serpentinite), aber auch aus dunklen Phylliten, Quarziten, Karbonatquarziten, Arkosen, -gneisen, Breccien, Radiolarit und hellen Phylliten. Alter: Hauptsächlich Jura bis Unterkreide. Es ist anzunehmen, daß die Sedimentation spätestens in der Oberkreide endigt, der genaue Zeitpunkt ist nicht bekannt (siehe R. OBERHAUSER, 1964, A. TOLLMANN, 1965; G. FRASL und W. FRANK, 1966).

In der Diskussion über Entstehungsweise und Alter der Zentralgneise wurden oft stark divergierende Meinungen geäußert und dadurch wurde die Forschung auf diesem Gebiet besonders angeregt (siehe A. WEINSCHENK, 1894, 1903; F. BECKE, 1913, 1925; E. ANGEL und F. HERITSCH, 1931; A. BIANCHI und G. DAL PIAZ, 1934; S. PREY 1937; CH. EXNER, 1948, 1953, 1957; G. FRASL, 1957).

Die Zentralgneise liegen heute durchwegs in mehr oder weniger metamorpher Form, das heißt den Druck-Temperaturbedingungen der Tauernmetamorphose angepaßt, ebenso zu einem guten Teil in verschieferter Ausbildung vor und gehen auf Granite, Tonalite, Granosyenite und Migmatite zurück. Zur Altersfrage der Zentralgneise ist festzuhalten, daß der größte Teil jedenfalls vormesozoischen, vermutlich variszischen Alters ist. Denn Permomesozoikum liegt im N der Gneiskerne mit zum Teil noch erhaltenem diskordantem Transgressionskontakt darüber und ist von jeder Beeinflussung im Zusammenhang mit einer Intrusion freigeblieben (u. a. in den Tuxer Alpen, Äußeres Elskar, W. FRISCH, 1968; östliche Hohe Tauern, Rotgüldensecgebiet, CH. EXNER, 1963). Radiometrische Altersbestimmungen haben diese Ansicht bestätigt (LAMBERT, 1964; bei Böckstein ein Mindestalter von 234 ± 14 Millionen Jahre auf Grund von Rb/Sr Gesamtgesteinsbestimmung). Für die Tonalite des Venedigergebietes hingegen nimmt F. KARL 1959 ein frühalpidisches Alter an, doch wird diese Ansicht nicht allgemein geteilt.

Die Zentralgneiskerne stellen samt der mit ihnen verschweißten älteren Schieferhülle einen zwar stark eingeengten, aber doch ± autochthonen[3] Bereich dar, der damit im großen ganzen, besonders im tektonischen Stil des N-Teiles mehr den helvetischen Massiven als den enorm ausgewalzten penninischen Gneisdecken der Schweizer Alpen entspricht. Auch in der Fazies der mesozoischen Bedeckung lassen sich manche Ähnlichkeiten zwischen dem Gotthardmassivischen Jura und den Bündnerschiefern, die den Tauerngneiskernen unmittelbar auflagern, erkennen.

Während die Trias in den ganzen Tauern im wesentlichen die germanische Dreigliederung aufweist und Unterschiede durch die Mengenverteilung von Dolomit und Kalk gegeben sind, weisen die Jura-Kreide Ablagerungen der Bündnerschiefer eine deutlicher zonenweise differenzierte Ausbildung auf. Unter der Annahme eines zusammenhängenden penninischen Sedimentationsgebietes grenzen wir mit CH. EXNER 1957 und A. TOLLMANN 1965, 1967 einen nordpenninischen Bereich ab. Seine Charakteristika sind

[2] Phengit ist ein meist grünlich gefärbter Hellglimmer mit höherem Mg, Fe- und $SiO_2$-Gehalt und niedrigerem $Al_2O_3$-Gehalt als Muskowit.

[3] autochthon = ortsfest zum eigenen Untergrund.

die geringere Mächtigkeit, die unter 1000 m bleibt, das Vorherrschen dunkler Phyllite mit bereichsweise besonders starker klastischer Beeinflussung (u. a. Tuxer Arkoseschiefer, hier auch Radiolarit und damit vermutlich höherer Jura enthalten, V. HÖCK, 1968; Brennkogelfolge im Glocknergebiet). Es fehlen die großen Massen der kalkreichen Bündnerschiefer und die Ophiolithe sind nur untergeordnet. Am N-Rand des Tuxer Gneiskernes kam es in dieser Zone auch zur Transgression der schon erwähnten oberjurassischen Hochstegenkalkfolge mit einer geringmächtigen Basisserie, die auch ältere Schichtglieder umfassen kann (neu bearbeitet durch W. FRISCH, 1968).

Diese nordpenninische Ausbildung der Bündnerschiefer (= Brennkogelfazies) war ursprünglich vermutlich fast im gesamten heute als Kernbereich erschlossenen Areal verbreitet und reichte als selbständige Zone teilweise auch noch etwas weiter nach S (siehe Seidlwinkldecke). Obwohl in den Westlichen Hohen Tauern Verfrachtungen über die Hochstegenzone belegt sind, ist diese nordpenninische Bündnerschieferzone doch keine einheitliche und regionale Schubmasse, sondern in vielen Fällen noch mit ihrem ursprünglichen Untergrund verbunden.

Dagegen stammen die mengen- und flächenmäßig viel bedeutenderen kalkreichen Bündnerschiefer in Glocknerfazies samt den großen Ophiolithmassen zur Hauptsache aus dem Bereich S der heutigen Gneiskerne. Sie bilden die eigentlich eugeosynklinale Füllung des penninischen Troges und wurden später in Form einer wirklich regionalen Deckeneinheit der Oberen Schieferhülle ihrem nördlichen Vorland aufgeschoben. Diese Überlegung ergibt sich notwendigerweise aus der Tatsache, daß der Grenzhorizont zu den heute darunterliegenden nordpenninischen Bündnerschiefern an etlichen Stellen im gesamten Tauernfenster durch Triaslinsen markiert ist. Über Einzelheiten des ursprünglichen Zusammenhanges der beiden Faziesstreifen ist noch kaum etwas bekannt.

## Zur Metamorphose

Die Metamorphose im Tauernbereich weist eine deutliche Zunahme gegen die inneren Teile auf, Einzelheiten sind in den folgenden Kapiteln angeführt. Während die äußeren Teile nur in der schwächsten Subfazies der Grünschieferfazies umgewandelt wurden, wurde in den zentralen Teilen gerade noch die Almandin-Amphibolitfazies nach H. G. WINKLER 1965 erreicht. Während Staurolith nur an ganz wenigen Punkten bekannt geworden ist (siehe CH. EXNER, 1967), reicht demgegenüber Disthen bis weit in die Grünschieferfazies hinein und grenzt als Mineralzone in den Hohen Tauern bis fast an den N-Rand (vgl. H. P. CORELIUS und E. CLAR, 1939; F. KARL, 1956, Untersulzbachtal; G. FRASL, 1958, Mühlbachtal bei Niedernsill) und setzt nur wenig innerhalb der Chloritoidzone ein. Dies ist ein besonderes Charakteristikum der Tauernmetamorphose, wodurch sie sich auch von der Metamorphose im Schweizer Penninikum (E. NIGGLI und C. R. NIGGLI, 1965) unterscheidet. Die Erklärung dafür ist offensichtlich darin gelegen, daß bei der Tauernmetamorphose relativ hohe Drucke bei niedrigen Temperaturen erreicht wurden und daß Disthen sich entgegen anderen für die Regionalmetamorphose typomorphen Mineralen (z. B. Pyrophyllit, Diopsid, Staurolith, Cordierit, nach H. G. F. WINKLER, 1965; G. HOSCHEK, 1967) anscheinend bei höheren Drucken zugleich auch bei geringeren Temperaturen bilden kann.

Aus der generellen geologischen Situation können wir mit ziemlicher Sicherheit feststellen, daß die Überlagerung über dem heute als zutiefst aufgeschlossenen Tauernbereich maximal etwa 15 km, aber auf keinen Fall mehr als 20 km betragen hat. So läßt sich ein maximaler Überlagerungsdruck von ungefähr 4 Kilobar oder nur wenig darüber mit ziemlicher Sicherheit angeben. Im Vergleich mit den bisher bekannten Daten der experimentellen Metamorphose (Disthenbildung nach H. G. F. WINKLER, 1965, bei 7–8 kb) sind dies recht geringe Drucke, da ja die Disthenbildung im schwachmetamorphen Bereich der Tauern schon bei nur wenig mehr als 3 Kb Überlagerungsdruck beginnen dürfte. Dieses Mißverhältnis gibt vielleicht einmal die Möglichkeit, wenn mit größerer Sicherheit auf die Natur zu übertragende experimentelle Daten vorliegen, die

Größenordnung des bei der Metamorphose herrschenden zusätzlichen tektonischen Druckes abschätzen zu können. Dieser tektonische Druck könnte gerade im Tauernfenster als einem relativ engbegrenzten Bereich, überlagert von relativ steifen Massen, größer als anderswo gewesen sein.

Jedenfalls wurden bei der Tauernmetamorphose maximale Temperaturen von wenig mehr als 560° C (Beginn der Staurolithbildung, G. HOSCHEK, 1967) vornehmlich durch Tiefenversenkung und nicht so sehr durch Aufwärmung von unten her erreicht. Die einzelnen Metamorphosezonen gehen zum Teil quer über die tektonischen Einheiten, bilden also einen späteren statischen Zustand ab. Die Kristallisation hat die Durchbewegungen in den zentralen Teilen ausnahmslos überdauert, in den äußeren Schieferhüllteilen laufen beide Vorgänge häufiger nebeneinander ab. Diese Erscheinung paßt gut mit den Vorstellungen zusammen, wie sie im Absatz über die Strukturen geschildert werden[4].

## Die tektonischen Einheiten und Strukturen in der Glocknergruppe

Das Glocknergebiet zeichnet sich durch die schon auf Übersichtskarten auffällige Quermulde der Glocknerdepression aus, in der das Mesozoikum den Bereich der vormesozoischen Zentralachse der Tauern unterbricht. Wir finden im Sinne der Gliederung von H. P. CORNELIUS und E. CLAR, 1935, nur mit zum Teil geänderter Deutung im Westen der Oberen Schieferhülle als tiefste Einheit den Granatspitzkern mit seiner vormesozoischen Hülle, darüber die gleichfalls überwiegend aus vormesozoischen Gesteinen bestehenden Riffldecken, im E aber die aus Permotrias und Jura bestehende Seidlwinkldecke. Über der Oberen Schieferhülle folgt im S die Matreier Zone und im N die Fuscher Schieferhülle (entspricht räumlich nur zum Teil der alten Nordrahmenzone). Der Bestand dieser Serien wird in den folgenden Kapiteln beschrieben, die räumliche Verteilung in Abb. 2 dargestellt.

Der aus den regionalen Verhältnissen notwendigerweise zu fordernde N-Transport der Schieferhülle wird im engeren Glocknergebiet letzten Endes nur im Auskeilen der Riffldecken im N, im allgemeinen Anschwellen der Schieferhülle im N und vor allem durch die gegen N bzw. NE geschlossene, liegende Falte der Seidlwinkldecke überzeugend sichtbar. Das Verformungsbild im einzelnen wird, von wenigen Ausnahmen abgesehen, im zentralen Kuppelbereich von den N–S verlaufenden Querfalten beherrscht. In allen Größenordnungen erkennt man diese zum generellen Gebirgsstreichen quer orientierte Richtung: Im Mikroskop in Korngefüge und Schliffbild, im Handstück und Aufschluß in Lineation, Stengelung, Mineralelongation, Feinfältelung und Faltung (besonders plastisch in Quarziten) und bis zur Faltung im Profilbereich (Fuscherkarkopf S-Seite, E unter dem Hohen Tenn und am ausgedehntesten im Talschluß des Fuschertales, siehe Panorama). Bei der flächenhaften Verfolgung der Querstrukturen erkennt man in Abb. 2 die Tendenz zum Auffächern im N und S, sozusagen außerhalb des Wirkungsbereiches der Gneiskerne als relativ starrerer Bereiche. Im N und S schließen sich an diesen Querfaltenbereich Durchbewegungsstreifen mit dem generellen Gebirgsstreichen parallellaufenden, grob gesagt um die E–W-Richtung pendelnden Achsenlagen an. Diese erweisen sich im Überlagerungsbereich (besonders schön im nördlichen Schwarzkopfgebiet) allgemein als jünger als die Querachsen. Diese zum Teil also sicher jüngeren Strukturen werden im genetischen Zusammenhang mit N-wärts gerichtetem Abgleiten der darüberliegenden oberostalpinen Einheiten und auch mit der fortschreitenden Einengung der Tauern in N–S Richtung entstanden gedeutet. Bei dem letzteren Mechanismus kommt es auch naturgemäß in den N-wärts einfallenden Schichtstößen der Schieferhülle zu S-vergenten Strukturen (A. MATURA, 1967).

[4] Das Alter der Metamorphose ist noch nicht mit exakten Werten anzugeben, aber wir wissen durch die Mineralaltersbestimmungen im Südost-Teil der Hohen Tauern durch R. LAMBERT 1964 und E. R. OXBURGH et al. 1966, daß bei der Abkühlung der aufgewärmten Tauerngesteine vor rund 20 Millionen Jahren (im Miozän) hier eine Temperatur von ungefähr 300° C unterschritten wurde.

Die Ursache der Querfaltenbildung ist offensichtlich darin gelegen, daß bei starker Faltung und Einengung, ähnlich wie in einem gewalzten Teig, im Gebirgsstreichen eine Längung entsteht, die klarerweise in den am tiefsten versenkten und damit auch am stärksten aufgeweichten und plastischen Zonen das größte Ausmaß erreicht. Diese Längung muß nun in Querstrukturen ausgeglichen werden, wenn eine bogenförmige Krümmung nicht möglich ist. Der Anlaß zur Ausbildung einer solchen Zone gerade im Glocknergebiet dürfte im Vorhandensein einer schon vormesozoischen Schieferhüllmulde in der Gneisachse gegeben sein, die eine relative Schwächezone darstellt. Es geht aus dem vorher Gesagten deutlich hervor, daß die Bildung der Querstrukturen nach der von S nach N vor sich gehenden Deckenstapelung einsetzte, da dieser Stapel ja einheitlich davon erfaßt wurde. Es ist sehr wahrscheinlich, daß diese Querfaltungen nicht bis in die höchsten Teile der Schieferhülle hinaufreichte. Die aus der Profilserie in Abb. 3 hervorgehende Kuppelform des inneren Tauernbereiches stellt damit eine Erscheinung dar, die erst nach der Bildung der Querachsen so stark ausgebildet werden konnte.

## Die Baueinheiten der Glocknergruppe

### Der Granatspitzkern

Blickt man bei klarer Sicht von einem Gipfel der westlichen Pasterzenumrahmung nach Westen in die Granatspitzgruppe so sieht man die Granitgneiskuppel des Granatspitzkernes durch die hellere Farbe und die andere Morphologie der massigen Granitgneise sich eindrucksvoll aus den dunklen Schichtstößen der Schieferhülle emporwölben. Der Granatspitzkern ist mit etwa 10 km Durchmesser der kleinste Gneiskern der Hohen Tauern, seine obere Grenzfläche gleicht einer riesigen Kugelkalotte und taucht rundherum unter die Schieferhülle ab. Im N ist dieses Abtauchen sehr steil, im SW ist die Grenzfläche durch Schieferhülleinfaltungen kompliziert (G. FUCHS, 1958). Fremdgesteinseinschlüsse, meistens Schollen von Amphibolit, gibt es im hiesigen Zentralgneis nur selten, mit seiner Hülle ist er jedenfalls an der Bocksperrklamm beim Enzingerboden durch Intrusivkontakt verbunden (H. P. CORNELIUS und E. CLAR, 1939), diese ist daher offensichtlich älter als der Granitgneis.

Das Material ist überwiegend ein heller, bankiger und geschieferter – grobgeflaserter Zweiglimmergranitgneis, wobei Biotit stark zurücktritt. Die Kalifeldspate erreichen oft eine durchschnittliche Größe von 1 cm, die übrigen Gemengteile bleiben kleinkörnig. Noch weitgehend unversehrtes granitisches Gefüge ist im Bereich von Dorfer Öd und Amertal verbreitet.

Eine sehr typische und weit verbreitete Erscheinung sind grünlichgraue, grobblättrige Pinitpseudomorphosen nach Cordierit (G. FRASL, 1967), naturgemäß in den am wenigsten verschieferten Typen noch am besten erkennbar. Bezüglich des Granatspitzkernes besteht heute Einigkeit in der Auffassung, daß dieser einen vormesozoischen Granitkörper darstellt, der (im Karbon?) in mäßiger Tiefe von einigen Kilometern intrudierte. Durch Wiederaufwärmung und Durchbewegung während der alpidischen Orogenese wurde im wesentlichen der heutige metamorphe Mineralbestand geprägt. Cordierit wurde restlos in Pinit umgewandelt, Orthoklas in Mikroklinperthit, die ursprünglichen Plagioklase wurden instabil und es bildeten sich in ihnen die „Füllungsmikrolithen". Um- und Neukristallisation der Glimmer, von Quarz und Albit setzte ein. Obwohl offensichtlich kein größerer Transport damit verbunden war, ist doch die Durchschieferung im Dachbereich der Kuppel beträchtlich, stark verflaserte Granitgneise mit augenförmigen Feldspäten entstehen so. Im Extremfall kam es dabei unter mechanischer Kornzerkleinerung und Stoffabfuhr zur Bildung von Muskowitquarzschiefern den sogenannten Weißschiefern. In der glazialgeformten Rundhöckerlandschaft (besonders Tauernmoos- und Weissee) ist die Morphologie vornehmlich durch diese weichen Schieferzonen beeinflußt.

## Die Granatspitzhülle

Der Granatspitzkern wird von einer im S geringmächtigen, aber im N bis zu etwas mehr als 2 km Mächtigkeit anschwellenden Schieferhülle umgeben, die keine Anzeichen von alpidischem Ferntransport erkennen läßt.

Zwei Serien können hier unterschieden werden. Im N (hauptsächlich schon W außerhalb des Gebietes der Glocknerkarte) eine dunkle, grobkörnige Amphibolitfolge, die wahrscheinlich auf gabbroide Intrusivmassen zurückgeht und durch ihre Verknüpfung mit grob gefeldspateten Biotitgneisen im Gebiet des Glanzkopfes eine voralpidische Metamorphose erkennen läßt, die stärker war, als die in diesem Gebiet allgemein herrschende alpidische Tauernmetamorphose. In Struktur und Mineralbestand besteht größte Übereinstimmung mit den Amphiboliten im altkristallinen „Zwölferzug" im äußeren Stubachtal (nach dem Zwölfer W Wiesen in Stubachtal, H. P. CORNELIUS, 1935; G. FRASL, 1958). In dieser gabbroiden Erscheinungsform tritt der Amphibolit noch W vom Enzingerboden auf, in der weiteren Fortsetzung aber schon in wesentlich feinerkörniger Ausbildung und hier ist auch die altkristalline Vergangenheit nicht mehr erkennbar. Der große Stubacher Serpentinzug (darin noch lagenweise abwechselnde Pyroxenit- und Peridotitvorkommen im Blockwerk W Stausee Enzingerboden (F. BECKE, 1895; E. WEINSCHENK, 1894; H. P. CORNELIUS und E. CLAR, 1939) und seine abgetrennten Vorkommen[5] scheinen infolge der engen Verbindung mit der Amphibolitfolge auch genetisch eng mit dieser verknüpft zu sein.

Über diesem altkristallinen Basalthorizont umhüllt den Granatspitzkern im N und E eine zur Habachserie zählende, mehrere 100 m mächtige Abfolge, die W des mittleren Stubachtales zu mehr als 2 km Mächtigkeit anschwillt und hauptsächlich aus basischen bis intermediären Eruptivmassen besteht. Im N des Tauernmoossees ist diese Folge besser gliederbar als weiter im S und hier liegen an der Basis biotitführende, dunkle, albitreiche Schiefer mit teilweise basischer tuffogener Verunreinigung (Biotitporphyroblastenschiefer der Glocknerkarte) und Graphitquarziteinschaltungen, die auf ehemalige Lydite zurückgehen (diese und die folgenden Gesteine sind am Weg vom Tauernmoossee ins Schwarzkarl gut zu studieren). Darüber folgt eine sehr wechselhafte Zone, die hauptsächlich aus verunreinigten basischen Tuffen entstanden sein dürfte. Chloritmuskowitalbitschiefer wechseln in allen Übergängen mit Biotitalbitschiefern und Prasiniten, eingelagert sind Züge von hellen, oft grobkörnigen Granatmuskowitschiefern, Muskowitalbitschiefer und auch dunkle Phyllite.

Auch noch zur Granatspitzhülle zu rechnen ist das als „Tonalitgneis" auf der Glocknerkarte ausgeschiedene Gestein zum Beispiel N vom Schwarzkarlsee, welches als einheitlicher Gesteinszug über 10 km lang nach NW verfolgbar ist, dort mächtiger wird und sich primär mit den Eruptivgesteinen der Habachserie verzahnt. Als Ausgangsmaterial für diese Biotitalbitepidotgneise sind intermediäre, relativ kalireiche Effusiva anzusehen. Alle zuletzt erwähnten Gesteine liegen heute in alpin metamorpher Ausbildung vor, eine ältere stärkere Metamorphose ist nicht nachweisbar, eine bereits vormesozoische Epimetamorphose ist zwar vielfach wahrscheinlich, jedoch vom heutigen Bestand nicht abtrennbar.

Den Abschluß der parautochthonen Schieferhülle des Granatspitzkernes bilden Gesteine des Permoskyths (z. B. Stubachtal, S Fellern, S Kote 1156) mit Trias (bei Hofer Hochalm im Guggernbachtal) und wenig kalkarme Bündnerschiefer. Diese mesozoische Bedeckung keilt jedoch gegen SW aus (W. FRANK, 1965).

[5] Z. B. die Serpentinlinse vom Totenkopf unter der Hohen Riffl mit verschiedensten Mineralfunden (E. ZIRKL 1966).

## Die Riffldecken

Als nächsthöhere „Zwiebelschale" folgen über der Granatspitzhülle die Riffldecken, zur Hauptsache aus vormesozoischen Gesteinen bestehend. Durch schmale mesozoische Deckenscheider an ihrer Basis (Kalkglimmerschiefer N vom Hochsedlkopf, W der Hohen Riffl), die allerdings schon in der Granatspitzhülle eingefaltet sind, ist die alpidische Verfrachtung dieses Paketes belegt. Im einzelnen ist die tektonische und serienmäßige Auflösung recht kompliziert und so sei nur das Schema skizziert, das heute am wahrscheinlichsten erscheint. Schon die eingeschalteten Züge mesozoischer Gesteine (Trias im Dorfertal, Bündnerschieferzug Dorfertal – Hohe Riffl u. a.) zeigen, daß die Riffldecken von etlichen alpidischen Schubflächen zerteilt sind, die nicht durchgehend verfolgbar sind. Denn die trennenden Mesozoikumsspäne treten nicht immer im gleichen Horizont auf und dort wo sie fehlen hat die Tauernkristallisation die Bewegungsbahnen nachträglich wieder bis zur Unkenntlichkeit verheilt und verschweißt. Noch komplizierter wird das Bild, wenn man eine Trennung in vormesozoisches Altkristallin und in zur Hauptsache nur alpinmetamorphe Anteile versucht.

Hauptgestein der Riffldecken sind die streifigen Biotitgneise bis Glimmerschiefer (= injizierte Biotitglimmerschiefer und streifige Biotitgneise der Glocknerkarte), darin stecken einige Amphibolite. Obwohl die alpidische Durcharbeitung und Umkristallisation meist beträchtlich ist, gibt es doch Bereiche, die sich dabei resistenter verhalten haben, so etwa im Gebiete des Hocheisers und N davon. Hier sind dann auch die Erscheinungen der starken vormesozoischen Metamorphose, bei der es bis zur Bildung kleinerer Körper granitoider Gesteine (Hochweißenfeldgranit, NNE Hocheiser) samt ihrem diskordanten Ganggefolge kam, noch gut von der Tauernmetamorphose abtrennbar. Während man früher mehr geneigt war, die lagenweise Bänderung durch helle, albitreiche Lagen in den Biotitparagneisen auf aplitische Injektion zurückzuführen, wird dieser stoffliche Lagenbau heute mehr als primärsedimentäre Anlage mit metamorpher Überarbeitung gedeutet.

Neben diesem Altkristallin sind aber auch Gesteine der Habachserie in den Riffldecken eingebaut. Teilweise wurden sie auf der Karte unter der Gruppe der injizierten Glimmerschiefer miterfaßt, wie etwa der Zug im Wurfkar in der Karstufe von 1900 bis 2000 m zwischen basalem Orthogneiszug und dem Scharkogelgneis. Hier wechseln lagenweise Chloritalbitschiefer bis Prasinite mit verschiedenen hellen Muskowitalbitgneisen (vermutlich saurer vulkanogener Herkunft) und seltenen Einschaltungen von chloritoidführenden Hellglimmerschiefern. Auch der Scharkogelgneis im gleichen Gebiet ist mit dieser Serie eng verknüpft. Nach den am besten erhaltenen Stücken zu schließen (Scharkogel Ostgrat bei 2670 m; hier noch gut erhaltene Kalifeldspate in recht feinkörniger Muskowit-Albit-Quarz-Biotit Grundmasse), scheint er ein Analogon zu dem, zur Habachserie zählenden Porphyroidgneis mit Orthoklaseinsprenglingen aus dem Habachtal (G. FRASL, 1953) zu sein. Ebenso finden sich auch die „injizierten Prasinite" der Glocknerkarte in gleicher Erscheinungsform in der einheitlichen Habachserie des Guggenbachtales (W Seitental im mittleren Stubachtal).

Für die große Masse der oben erwähnten Biotitgneise findet man jedoch kein ähnliches Substrat in der gesicherten Habachserie, weshalb man mit gutem Grund annehmen kann, daß diese hauptsächlich aus Arkoseschiefern hervorgegangenen Paragesteinsserie („Serie der Alten Gneise", F. KARL, 1957; W. FRANK, 1965) noch älter ist als jene, eventuell sogar präkambrisch (vgl. O. SCHMIDEGG, 1955, 1961).

Zum Serienbestand der Riffldecken zählen weiters noch verschiedene Orthogneiszüge, die meist an der Basis auftreten (Kapruner Törl), stark tektonisiert sind und Ähnlichkeiten mit den Zentralgneisen des Granatspitzkernes haben.

Die Entstehung dieser engen Vermengung zweier Serien hat man sich am ehesten so vorzustellen, daß während einer vormesozoischen Gebirgsbildung (zuletzt jedenfalls durch die variszische) die ältere klastische Paragesteinsserie stark metamorphisiert und dabei wohl auch die altpaläozoische Bedeckung noch etwas erfaßt und mit dem Untergrund verfaltet wurde. Darüber transgredierten dann später Permoskyth, Trias und

Bündnerschiefer (in den südlichsten Teilen wahrscheinlich schon die mächtige Glocknerfazies). Im Zuge des alpidischen Deckentransportes wurde dann dieses ganze Paket nordwärts über den Granatspitzkern vorgetrieben, mit dem Mesozoikum verschuppt und in der Stirnregion wild verfaltet. Diese Stirntektonik herrscht besonders im Reichensbergkar, hier sind auch größere auf der Glocknerkarte als Orthogneis ausgeschiedene Gesteine zum Teil als Permoskytharkosen zu deuten. Der altkristalline Kern blieb bei dieser Verfrachtung mehr zurück, die umhüllende Habachserie reicht noch weiter gegen NW, und die Riffldecken enden mit den Vorkommen der Habachserie N vom Brustinger (NW der Schneiderau im Stubachtal) zwischen dem parautochthonen Mesozoikum im Liegenden und der Oberen Schieferhülle im Hangenden.

Verfolgt man die Einheit der Riffldecken um den Granatspitzkern herum, so kann man im Querschnitt des Dorfertales besonders starke alpidische Umformung des Altbestandes feststellen. Auch eine scharfe Trennung von der Granatspitzhülle bleibt im S des Granatspitzkernes zum Teil problematisch.

Geht man weiter gegen W so gelangt man in einen Bereich von wesentlich weniger starker alpidischer Verformung der Riffldecken, weil sie hier anscheinend durch den Einfluß der großen Tonalitmassen des Venedigergebietes, die darin stecken, besser geschützt blieben. Hier ist auch die mehr oder weniger in situ Bildung von granitoiden Körpern in der Serie der Alten Gneise zum Beispiel schon an den Straßenanschnitten der Felbertauernstraße N vom Wh. Landecksäge gut zu studieren. Verfolgt man dieselbe Serie weiter nach N über den Tauernhauptkamm ins Hollersbachtal, so läßt sich keine scharfe Grenze des Altkristallins gegen die Habachserie ziehen, da hier die kräftige vormesozoische Metamorphose noch in diese hineinreicht (Amphibolite N der Fürther Hütte), dann nach N zu schwächer wird, bis etwa 1 km S des Wh. Edelweiß die riesigen Massen altpaläozoischer Gesteine nur mehr in tauernkristalliner Ausbildung vorliegen. Da in diesem Gebiet die Schieferhülle zum Teil noch in ungestörtem Intrusivzusammenhang mit den großen Gneiskernen der westlichen Hohen Tauern steht, verbindet sich der Deckenlappen der Riffldecken im E des Granatspitzkernes (dort in N–S-Richtung gemessen, an der Basis 12 km Überschiebungsweite durch mesozoische Linsen belegt) nach W mit einem Gebiet, dem eine wesentlich autochthonere Position zukommt. Dies ist eine charakteristische Erscheinung im tieferen Stockwerk der Hohen Tauern unter der ferntransportierten Oberen Schieferhülle, bedingt durch die allgemeine Erweichung und Einengung des Untergrundes mit zunehmender Transporttendenz in den höheren Niveaus.

## Die Obere Schieferhülle

Diese ist eine mächtige, aus Bündnerschiefern mit wenig Trias an der Basis bestehende Deckeneinheit, deren überschobene Position in den ganzen Tauern ziemlich eindeutig ist. In unserem Gebiet dürften die obersten Teile der Riffldecken zu dem vormesozoischen Untergrund gehört haben, auf dem die Gesteine der Oberen Schieferhülle ursprünglich abgelagert wurden. Im Glocknergebiet muß man eine Obere Schieferhülle im eigentlichen Sinne abgrenzen, die durch die geschlossene Masse der tektonisch tieferen Kalkglimmerschiefer und Prasinite von den phyllitreicheren Bündnerschiefern des äußeren Fuscher- und Rauristales gut abgrenzbar ist. Durch die Quermulde der Glocknerdepression verbindet diese Einheit im Wiesbachhornkamm eindrucksvoll Nord- und Südflügel der Hohen Tauern. Blickt man von E auf diesen Kammzug, so folgen über den auffallenden Triaslinsen an der Basis (z. B. unter Walcher- und Sandbodenkees, teilweise schon in der unterlagernden Brennkogelserie eingeschaltet) zuerst die aus gut geschichteten, zum Teil schwach sandigen kalkreichen Mergeln hervorgegangenen Kalkglimmerschiefer (= Serienbezeichnung, petrographisch hauptsächlich Glimmermarmore). Sie bauen den ganzen Kammzug auf und bilden in der Hochregion die charakteristischen „Bratschenhänge", darin eingeschaltet sind geringmächtige phyllitische Lagen und granatführende Quarzmuskowitschiefer (z. B. die härteren Bänder im Fuscherkarkopf NW-Grat). In den höheren Horizonten dieses Gewölbes schalten sich dann die mäch-

tigen Prasinite des Großglockners und vom Freiwandeck ein, die im Nordflügel in den Prasinitzügen vom Kleinen Schmiedinger und der Lakarschneid ihr Analogon haben. Gebänderte Typen sind in diesen metamorphen basischen Vulkaniten weit verbreitet und als Tuffkomplexe aufzufassen. Die ungeschichteten, kompakten Typen gehen zum Teil jedenfalls auf Lavadecken zurück. Recht selten sind von der Metamorphose verschonte vulkanogene Relikte, so zum Beispiel die Pseudomorphosen nach Feldspateinsprenglingen im Bereich des Glockners in ehemals porphyritischen Ergußgesteinen (F. ANGEL, 1929; M. STARK, 1930; H. P. CORNELIUS und E. CLAR, 1939; H. P. CORNELIUS, 1942; Kleinglocknergipfel, unterer Salmkamp, Weg von S auf Adlersruhe bei 3300 m). Alle diese Hauptgesteine der oberen Schieferhülle sind am Weg vom Franz-Josefs-Haus zur Hofmannshütte gut zu studieren. Hier befindet man sich auch im Bereich der stärksten alpidischen Metamorphosezone, die etwas asymmetrisch zur Tauernkuppel in deren S-Teil durchstreicht. Der Zug von eklogitischen Prasiniten in der Gamsgruben E-Wand mit Granat, Alkaliamphibol und spärlich Glaukophan (siehe H. P. CORNELIUS und E. CLAR, 1939; 159ff.) weist auf relativ hohen Druck während der alpinen Tauernkristallisation hin. Die Paragenese entspricht der glaukophanitischen Grünschieferfazies von H. G. F. WINKLER, 1965. Hier tritt sporadisch auch Granat und Diopsid in kalkhaltigen Gesteinen auf, womit teilweise die Amphibolitfazies erreicht ist. Eine interessante Aufschlußstrecke in derselben Serie liegt auch an der Felbertauernstraße S Ranewurg. Zwischen Winterbrücke und Berg wechseln hier Kalkglimmerschiefer und Prasinite in dünnen Lagen miteinander ab, auch ein Horizont mit bis zu $^1/_2$ m großen Prasinitbrocken im Kalkglimmerschiefer tritt auf, offensichtlich vulkanische Bomben im ehemaligen Kalkmergel.

Zu den mesozoischen Ophiolithen gehören dann noch die vielen Serpentinvorkommen, wovon das größte, der Heiligenbluter Serpentinzug, an der Basis der Oberen Schieferhülle bzw. im Grenzbereich zur tieferen Brennkogelserie auftritt (z. B. Brennkogelgipfelbau, Material in der Elendgrube). Spärlich sind gabbroide Intrusivkörper (Gabbroamphibolit und Epidotamphibolit der Karte), am besten schon außerhalb des NW-Eckes der Glocknerkarte, N der Ferschbach HA entwickelt.

Die Obere Schieferhülle im eigentlichen Sinn taucht dann N von Ferleiten in der Bärenschlucht gewölbeartig steil in die Tiefe und verschwindet W des Stubachtales tunnelförmig gegen NNW, indem sie hier mit dem parautochthonen älteren Untergrund verfaltet ist. Dadurch kommt es auch zu dem weiten Eingreifen des Paläozoikums (Falkenbachlappen der Habachserie) bis ins Kaprunertal.

Über dieser einheitlichen Oberen Schieferhülle im eigentlichen Sinn folgen als tektonisch noch höhere Einheiten die Matreier Zone im S und die Fuscher Schieferhülle im N.

## Die Matreier Zone

Durch ihren Schieferreichtum bedingt sie eine Reihe von Sätteln (Kals-Matreier Törl, Bergertörl), Längstälern und weicheren Formen und markiert so deutlich die Zäsur zwischen den „Bretterwänden" der Kalkglimmerschiefer und den klotzigbrüchigen Felspartien des im S folgenden Altkristallins. Diese von S her aufgeschobene ostalpine Kristallinmasse der Schobergruppe besteht basal hauptsächlich aus Glimmerschiefern – Paragneisen mit kräftiger Diaphthorese (Diaphthorese = rückschreitende Metamorphose, verbunden mit Durchbewegung, d. h. Zerstörung eines älteren, höher metamorphen Bestandes).

Die wenig standfesten Schiefer der Matreier Zone geben an den Talflanken zu ausgedehnten Sackungen Anlaß, so zum Beispiel der ganze N-Hang des Ködnitztales und der Glunzerberg NE Matrei in O. (siehe auch U. ZISCHINSKY, 1967). Der damit verbundene Anfall großer Schuttmassen bedingt die oft verheerenden Hochwasserschäden.

Von den meisten Autoren (M. STARK, 1912; L. KOBER, 1922; W. J. SCHMIDT, 1950 bis 1952; A. TOLLMANN, 1963) wird die Matreier Zone auf Grund der tektonischen Position und lithologischer Analogien als Unterostalpin bzw. penninisch-unterostalpine Mi-

schungszone aufgefaßt. Zuletzt zeigte S. PREY, 1967, im benachbarten Sadniggebiet, daß die Fazies des Mesozoikums mehr der penninischen Schieferhülle als dem Unterostalpin gleicht und die Auffassung der Matreier Zone als ein tektonisiertes, hauptsächlich S-penninisches Schuppenpaket zutreffender ist. Gleiches trifft auch für die Glocknergruppe zu, zumal sich hier eine Reihe von Parallelen zu Gesteinen der Fuscher Schieferhülle ergeben. Die Beteiligung unterostalpiner Schollen ist durchaus zu erwarten, aber im einzelnen hier kaum erweisbar. Die Metamorphose hat hier nur mehr geringes Ausmaß, die Albitsprossung, in den tieferen Lagen der Schieferhülle außerordentlich verbreitet, ist hier unbedeutend. Hauptgesteine sind dunkelgraue, seltener graugrünlich gefärbte Phyllite mit Übergängen zu Kalkphylliten und quarzitischen Typen. Daneben noch wenige Prasinit-, Serpentin- und Radiolaritvorkommen (z. B. Weißer Knoten SE-Grat, bei Bergerstörl). Während die Basis der Matreier Zone gegen die Obere Schieferhülle unscharf ist und hier offensichtlich ein Übergang in die Phyllite gegeben ist, weisen die eingeschalteten Triaszüge (Kalke, Dolomite, Rauhwacken, Gips) samt den begleitenden Serizitquarzitschiefern und Breccienzügen und auch die diaphthoritischen Altkristallinspäne deutlich auf die mehrfache tektonische Wiederholung hin. Diese Komplikationen wechseln aber stark im Streichen, und eine Gliederung hat nur lokale Gültigkeit.

## Die Fuscher Schieferhülle

Nördlich der Linie Gleiwitzer Hütte–Embach im Fuschertal reicht die Glocknerkarte noch in ein phyllitreiches Gebiet, das von H. P. CORNELIUS als Nordrahmenzone und heute als Fuscher-Schieferhülle bezeichnet wird. G. FRASL, 1958, konnte zeigen, daß diese Zone neben geringen Einschaltungen von Permotriasvorkommen zur Gänze der Bündnerschieferserie zuzurechnen ist. Da auch die Klammkalkzone zum Pennin gestellt wird (H. MOSTLER, 1963), reicht die mesozoische penninische Schieferhülle von Uttendorf bis Schwarzach im P. bis an das Salzachtal heran und grenzt hier unmittelbar an die Grauwackenzone (für die genaueren Verhältnisse siehe E. BRAUMÜLLER, 1939, und H. MOSTLER, 1964). Nur von W her schiebt sich die Habachserie im Falkenbachlappen in das geschlossene Verbreitungsgebiet des Mesozoikums vor, bis sie W unter dem Imbachhorn endigt. Als Gesteinsbestand der Fuscher Schieferhülle sind zu erwähnen: Grobe „Lias"breccien (z. B. N Königstuhlhorn im N Schwarzkopfgebiet); die Sandstein-Breccienzone im Wolfbachtal mit Arkosesandsteinen, Quarziten, Sandkalken, Breccien; Kalke und Kalkphyllite; dunkle Phyllite kalkarm – kalkfrei in Verbindung mit allen übrigen Gesteinsgruppen und selbständigen mächtigeren Zügen, mit Einschaltungen von Gabbrolagergängen und Metadiabasen, Kalkglimmerschiefern und Quarziten; größere Kalkglimmerschiefer – Kalkphyllitzüge mit feinbrecciösen Tüpfelschiefern, Prasinite bis Grünschiefer; Radiolarite und Radiolaritschiefer (sehr gut SE vom Imbachhorn bei 2020 m entwickelt), zum Teil in Verbindung mit gelblichen chloritführenden Kalkglimmerschiefern (Weg Fusch – Gleiwitzer Hütte bei 1500 m (? Aptychenkalk ?); dunkle – helle Muskowitquarzschiefer; helle Chloritmuskowitphyllite (besonders in der Klammkalkzone).

Die Metamorphose ist in den äußeren Teilen dieser Zone schon deutlich geringer als im zentralen Tauernbereich. Stilpnomelan ist ein typisches Zonenmineral und von etlichen Punkten etwa 4–5 km S der Salzach bekannt (G. FRASL, 1958), S davon auch Chloritoid, allgemein sind Serizit, Phengit, Albit, Chlorit und Epidot verbreitet. Eine aktinolithische Hornblende ist die herrschende Abart neben Uralit. Biotit, Granat und Disthen fehlen in dieser Zone. Die Grüngesteine sind in den äußeren Teilen in Form feinkörniger Grünschiefer, und nicht mehr als Prasinite entwickelt, Karbonatgesteine kommen am N-Rand nur mehr in feinstkristalliner Ausbildung vor. Durch die geringe Kristallinität bedingt, sind daher sedimentäre Strukturen oder Reliktstrukturen in den Ophiolithen noch gut zu studieren, falls sie vor der Verschieferung bewahrt blieben.

Die Fuscher Schieferhülle hängt nun im SE mit der Oberen Schieferhülle des Gasteiner Raumes eindeutig zusammen, bzw. bildet dort die höheren Horizonte (Oberer Schwarz-

phyllithorizont von CH. EXNER, 1957). Im nördlichen Glocknergebiet ist ihre tektonische Selbständigkeit deutlicher entwickelt. Gewiß ist sie ein Schuppenpaket, da aber eine einigermaßen gesicherte Stratigraphie und durchgehende Trennungshorizonte fehlen, ist über die Interntektonik im einzelnen wenig Sicheres bekannt. Zu einem Teil dürften diese Bündnerschiefer als nach N abgeschobene, stratigraphisch höhere Teile der Oberen Schieferhülle zu deuten sein, zum anderen Teil sind es wohl von noch weiter aus dem S herkommende Elemente. Die faziellen Übergänge in der südlichen Glocknergruppe von Kalkglimmerschiefern in Phyllite (Göschnitztal; Bunzkögele bei Matrei, U. ZISCHINSKY, 1967) zeigen ja, daß sich hier eine phyllitreichere Entwicklung im S an die kalkglimmerschieferreiche Glocknerfazies anschließt. Eine auch noch offene Frage ist es, inwieweit an der Basis dieser Fuscher Schieferhülle im äußeren Seidlwinkl- und Weichselbachtal durch die sich einbohrende Stirn der Oberen Schieferhülle im eigentlichen Sinn nicht auch Teile des parautochthonen Sedimentmantels (= „Mittlere Schwarzphyllitzone" von CH. EXNER, 1957) hochgeschürft wurden.

## Seidlwinkldecke

Nach dem Gang vom Granatspitzkern im W bis in die höchsten Horizonte der Schieferhülle bleiben noch die tieferen Bauelemente im E-Teil des Glocknergebietes zu besprechen. Sonderbarerweise tauchen hier im E der Oberen Schieferhülle nicht mehr die vormesozoischen Gesteine der Riffldecken auf, sondern eine mit gutentwickelter Trias stratigraphisch verbundene Bündnerschieferserie in Brennkogelfazies (d. h. vornehmlich aus dunklen Phylliten und Quarziten bestehend) auf. Trias und Bündnerschiefer bilden zusammen die Seidlwinkldecke. Diese entspricht der Seidlwinkldecke einschließlich der Brennkogeldecke im Sinne von H. P. CORNELIUS und E. CLAR, 1935, da damals die Brennkogelschiefer zum Teil als paläozoisch angesehen wurden. Diese Einheit hat W des Wiesbachhornkammes kein Analogon, von dem Fenster im Bereich des Wasserfallbodens abgesehen. Die Gesteine dieses übrigens kaum scharf abgrenzbaren Fensters stehen aber wohl noch im Zusammenhang mit der Seidlwinkldecke im E.

Die Schichtfolge der Seidlwinkltrias – der schönsten Triasentwicklung innerhalb des Tauernfensters – beginnt mit der permoskythischen Wustkogelserie. Über phengitreichen Arkoseschiefern bis -gneisen mit Porphyroid- und Gneisgeröllen (im Baumgartlkar unter der Hummelwand; W unter Wustkogel G. FRASL, 1958; diese Folge entspricht als „Verrucano" wahrscheinlich dem Unterrotliegend im Sinne von G. RIEHL-HERWIRSCH, 1965) folgt geringmächtiger Permoskythquarzit. Der im wesentlichen mitteltriadische Karbonatgesteinskomplex beginnt mit einer geringmächtigen, polymikten, sandigschiefrigen Rauhwacke, die teilweise durch einen Phyllitschollenhorizont in den basalen Kalkmarmoren vertreten wird. Über den reinen, grau-weißen Kalkmarmoren folgen dann Dolomite in verschiedener Ausbildung, zum Teil mit Gipslinsen (Bereich Kendlkopf) und vielfach in monomikte, schichtig-zellige Rauhwacke umgewandelt. (Alle diese Triasgesteine sind am besten auf einer Gratwanderung von der Edelweißspitze zum Kendlkopf ins Baumgartlkar gut zu studieren.) Die germanische Fazies der Trias betonen besonders die Quartenschiefer des Keupers, heute lichte Muskowitphyllite mit viel Chloritoid und zum Teil Chloritflecken. Mit den Dolomiten durch allmählichen Übergang verbunden, leiten die Quartenschiefer lithologisch auch schon zum Jura über, indem sie mit reinen Quarziten (Keuperquarzite), die von den sicher jurassischen Quarziten lithologisch nicht abgetrennt werden können, ebenso eng verbunden sind (Felsinsel unmittelbar unter Rehrlhaus am Fuschertörl). Die darüberfolgenden Bündnerschiefer in Brennkogelfazies zeichnen sich besonders durch die starke Sand- und selten auch Breccieneinschüttung in die Normalsedimentation der dunklen Tonschiefer aus. Diese Einschaltungen liegen heute als dunkelgraue – helle Quarzite, Karbonatquarzite (z. B. Hexenküche an der Glocknerstraße; Mäuskarkopf), Breccienlagen mit Triaskomponenten (besonders am Hochtor sowie an der Pfandlscharte) und Bündnerschieferarkosegneise vor (G. FRASL, 1958; im inneren Seidlwinkltal, Weg Baumgartlalm – Gruberalm

1510 m, S Diesbachalm). Wenige Kalkglimmerschiefer, Prasinit- und Serpentinvorkommen vervollständigen die Serie. Der Metamorphosegrad der dunklen Schiefer ist charakterisiert durch das Auftreten von Chloritoid neben Disthen in dunkel pigmentierter Ausbildung in den „Rhätizitschiefern" besonders im Schwarzkopfgebiet, Tremolit kommt häufig in der karbonatischen Trias vor. Im Bereich des Hochtores war die metamorphe Umprägung besonders stark, am E-Grat zum Margrötzenkopf hinauf findet man grobes Granatwachstum in schon relativ grobkristallin erscheinenden dunklen Glimmerschiefern, dann auch eklogitische und granatführende Prasinite (H. P. CORNELIUS und E. CLAR, 1939).

Die geometrische Form der Seidlwinkldecke kann man ganz grob als eine nach N getriebene, tropfenförmige, liegende Falte kennzeichnen. Im inneren Seidlwinkltal noch flach liegend, taucht die Stirn der Trias im N steil unter die Talsohle. Der Permoskythkern endigt schon an den Talflanken N der Hirzkaralm bzw. im Gehänge an der E-Flanke des Seidlwinkltales. Die umhüllenden Bündnerschiefer tauchen unter der liegenden Triasfalte in gleicher Ausbildung wie im darüberliegenden Brennkogelgebiet im Seidlwinkltal wieder hervor. Es ist noch eine offene Frage, inwieweit und ob überhaupt die sicher mit der Trias verbundenen Bündnerschiefer von den tieferen Bündnerschiefern des Diesbachkares, die eine ähnliche Ausbildung aufweisen, abzugrenzen sind. Es wäre auch denkbar, daß in dieser Zone im Liegenden der Seidlwinkldecken-Großfalte Teile der Oberen Schieferhülle eingewickelt wurden, wie schon E. BRAUMÜLLER und S. PREY, 1943 vermuteten. Die Tektonik im Aufschlußbereich ist bedingt durch die außerordentlich starke Verfaltung um N–S-Achsen, die nicht mit der Großkörperform übereinstimmt und dieser als jüngere Strukturbildung aufgeprägt wurde.

Durch diese starke Querfaltung kommt es zur oftmaligen Wiederholung und starken Verdickung mancher Schichtglieder. Im Grenzbereich zweier Gesteinsserien kann man die Verfaltung besonders gut verfolgen, so steigert sie sich zum Beispiel im Talschluß des Fuschertales bis zu mehr als 2 km langen Falten, wie man an dem Kalkglimmerschieferlappen sehen kann, der weit in die Brennkogelschiefer bis unter den Parkplatz Hochmais eingedrungen ist.

Die tektonische Überlagerung der Seidlwinkldecke durch Obere Schieferhülle ist durch das Vorkommen von Triaslinsen im fraglichen Grenzhorizont, besonders E von Ferleiten, an den Gamskarköpfen und oberhalb der Trauneralm deutlich belegt. Im Sinne der eingangs dargelegten Vorstellung (siehe S. 98) wird angenommen, daß die Brennkogelfolge eine selbständige Fazieszone im N Teil penninischen Troges darstellt, entsprechend dem mittleren Schwarzphyllithorizont von CH. EXNER, 1957, im östlichen Nachbargebiet. Da in unserem Gebiet aber noch kein höherer Jura in der Brennkogelfolge sichergestellt werden konnte, ist letzten Endes die Gleichaltrigkeit mit der Glocknerfolge noch nicht endgültig bewiesen. So könnte man auch meinen, die Glocknerfolge habe schon im Jura auf den Ablagerungsraum der Brennkogelfolge übergegriffen und die Triaslinsen E von Ferleiten wären an einer Schubfläche innerhalb der Schichtfolge in ihre heutige Position gekommen. Sicher ist jedenfalls, daß der Ablagerungsraum der Seidlwinkldecke im S bzw. SW des Sonnblickkernes in jenem Bereich anzunehmen ist, der dann später zur Roten Wand-Moderecklamelle umgeformt wurde (siehe auch CH. EXNER, 1964, Geologische Karte der Sonnblickgruppe und Erläuterungen 1967). Den Ablagerungsraum der Glocknerfazies hat man sich zur Hauptsache noch etwas weiter im S vorzustellen. Bemerkenswert ist darüber hinaus, daß in den als parautochthon anzusehenden Schieferserien der Mittleren und Östlichen Hohen Tauern, die primär im N der namengebenden Brennkogelfolge zu denken sind, die klastischen Einschaltungen nicht so sehr hervortreten bzw. teilweise fehlen können. Es ist zu erwarten, daß hier weitere Untersuchungen noch interessante Details zur Paläogeographie des penninischen Troges bringen werden.

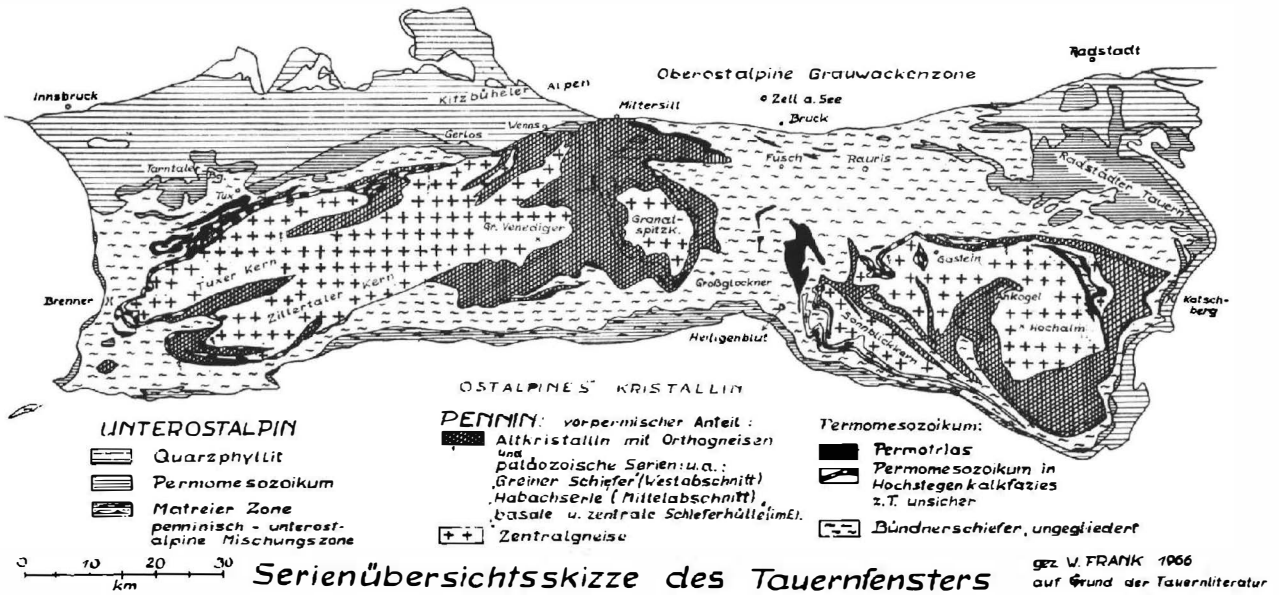



Abb. 1: Serienübersichtsskizze des Tauernfensters

Die geologische Entwicklung im Tauernfenster und ihre vermutliche Einordnung in das stratigraphische Schema

| | Zeiten | Tektonik | Magmatismus Metamorphose und Kluftmineralbildung | Abtragung, Sedimentation und weitere Ereignisse |
|---|---|---|---|---|
| KÄNOZOIKUM | HOLOZÄN = Alluvium | Fortdauer der Hebung | Absätze der Thermalwässer | vorw. Tiefenerosion des Wassers; lokale Gletschervorstöße; Talzuschub und Bergsturz |
| | PLEISTOZÄN = Diluvium vor 1 Mio. Jahren | Hebung in der Tauernachse | | regionale Vergletscherung in den Kaltzeiten; Trogtalbildung |
| | TERTIÄR Jung- | Nordrandstörung | Kluftmineralbildung: streifenweise Myloniti-sierung u. Phyllonili-sierung, teilweise retrograde Metamorphose | präglaziale Anlage der Talsysteme im Fenster |
| | TERTIÄR Alt- | Alpidische Orogenese: 3. Akt: **Längsachsentektonik** | | Abtragung der ostalpinen Überdeckung |
| MESOZOIKUM | vor 70 Mio. Jahren; KREIDE Ober- | 2. Akt: seitl. Einengung mit **Querachsentektonik**: tiefste Versenkg. innerh. des Ostalpenkörpers | alpidische Regionalmetamorphose = Tauernkristallisation; darunter wahrsch. syntektonische Aufschmelzung unter der Gebirgsachse | Ende der Sedimentation im Fensterbereich |
| | KREIDE Unter- | 1. Akt: gr. **Deckenüberschiebungen** beim Darüberfahren der ostalp. Deckenmassen | | |
| | JURA Ober- | alpidische Geosynklinalbildung: Einengung der Geosynklinale; z. T. sehr starke Absenkungen im Zusammenhang mit der Trogbildung | Ophiolithe = basischer und ultrabasischer Magmatismus, meist Vulkanismus | eugeosynklinale, mächtig. Ablagerungen der **Bündnerschiefer serie**; daneben **Hochstegenkalkserie** = Schwellenfazies (mehr Abtrag als Ablagerung) |
| | JURA Mittel- | | | |
| | JURA Unter- | | | |
| | TRIAS Ober- | epikontinentaler Zustand | | Regression: Keuperschf. Gips, Rauhw., Dolomit Flachmeerbildung. Kalk und Dolomit Transgression; **Seidlwinkltrias** |
| | TRIAS Mittel- | | | |
| | TRIAS Unter- | | | Verwitterung und Abtragung zum Rumpfgebirge: Quarzite, alpiner Verrucano; **Wustkogelserie** |
| | vor 220 Mio. Jahren | | | |
| PALÄOZOIKUM | PERM Ober- | | saurer Vulkanismus | |
| | PERM Unter- | | | |
| | KARBON Ober- | variszische Orogenese = herzynische Gebirgsbildung, in mehreren Phasen | post.- tektonischer vorw. saurer Plutonismus; syn- Zentralgranit etc. mit Bildg. des Altkristallins in tief. Rindenteilen | ? |
| | KARBON Unter- | | | |
| | DEVON SILUR ORDOVIK | kaledon. Orogenese? | starke magmat. Tätigkeit besond. von basischem Vulkanismus, Ultrabasit und Quarzkeratophyr ? | varisz. / kaled.: Geosynklinalbildungen, z.T. als „Habachserie" erhalten ? |
| | KAMBRIUM vor 600 Mio. Jahren | | | |
| | PRÄKAMBRIUM | präkambrisch. Orogenesen? | z. T. Altkristallinbildung ? | ? |

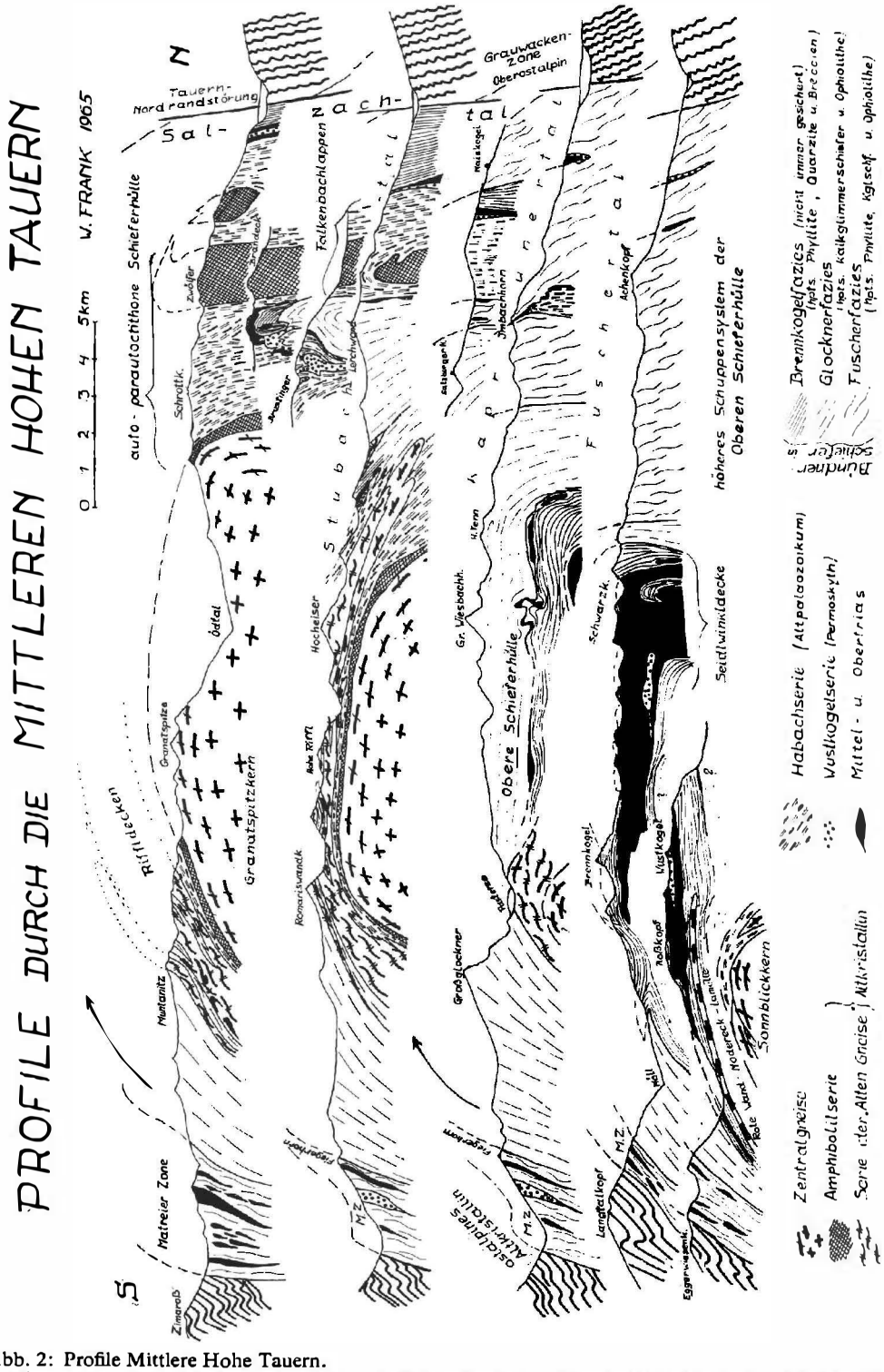



Abb. 2: Profile Mittlere Hohe Tauern.

Die einzelnen Profilschnitte sollen den prinzipiellen Bau kennzeichnen. Die geologischen Verhältnisse sind annähernd so dargestellt, wie sie an den Talflanken, von Osten gesehen, aufgeschlossen sind. Nur der Schnitt Hohe Riffl-Hocheiser ist von Westen gesehen (spiegelbildlich) dargestellt. Zum Teil sind seitliche Elemente in das Profil hineinprojiziert.

Abb. 3: Die tektonischen Einheiten und Strukturen in der Glocknergruppe. ▷

# TEKTONISCHE GLIEDERUNG DER GLOCKNER- UND GRANATSPITZGRUPPE

W. FRANK

- Grauwackenzone
- Quarzphyllitzone
- Altkristallin ims der Tauern

} Ostalpin

- Matreier Zone
  Penninmit unterostalpinen Anteilen

PENNIN:

- Fuscher Schieferhülle
- Obere Schieferhülle i.e.S. (= „Glocknerdecke")

} = Deckensystem der Oberen Schieferhülle, Bündnerschiefer und kleinere Späne von Permotrias

- Seidlwinkldecke
  Permotrias und Bündnerschiefer
- Riffldecken (im E), im W im Zusammenhang mit der parautochthonen Schieferhülle des Venedigerkernes
- Parautochthone Hülle des Granatspitz- u. Venedigerkernes samt Falkenbachlappen
  Permotrias und Bündnerschiefer
  Habachserie
  altkristalline Amphibolitfolge
- Granatspitzkern

Strukturen:
Faltenachsen aller Größenordnungen, B-Lineationen, Mineralelongationen:

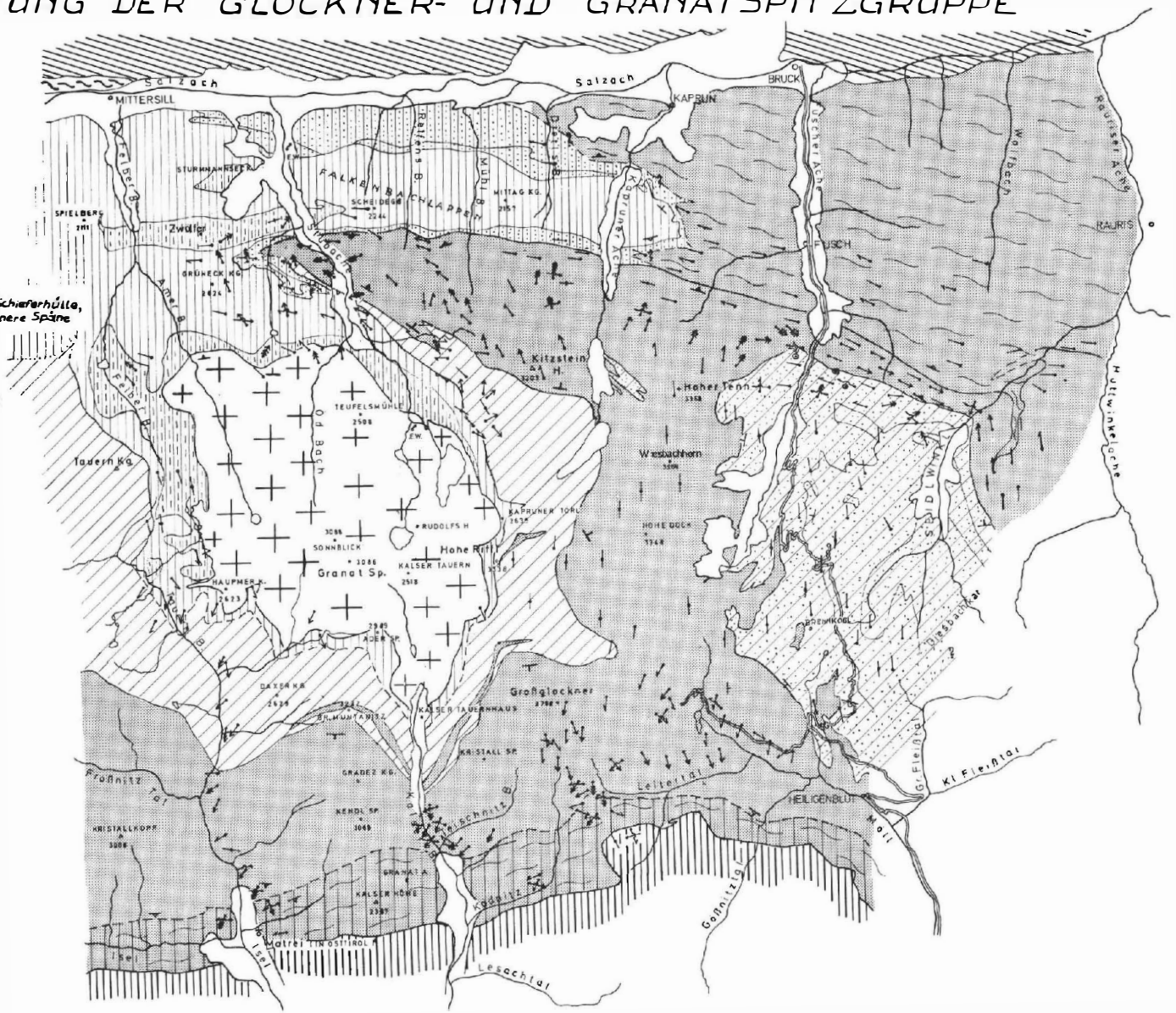
0° | 5 | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 85 ● 90°

↗ jüngere B-Achse ~ überprägt ältere ↗

Die Pfeile entsprechen Mittelwerten im angegebenen Bereich. Messungen im Bereich des Felbertauern z.T. nach G. Fuchs 1958

s-Flächen-Fallen ∠ <50° <∠

0 — 5 — 10km



## Bemerkungen zum zweiteiligen geologischen Panorama von der Edelweißspitze (Großglockner-Hochalpenstraße)*

Von Günther Frasl (Salzburg) und Wolfgang Frank (Wien)

Der Autoparkplatz und der Turm auf der Edelweißspitze sind zum Teil auf lichtgrauen Schiefern der Obertrias (entsprechend dem Quartenschieferniveau) gegründet, die manchmal Porphyroblasten von Disthen (Rhätizit), Chloritoid oder auch Stengelchen eines Epidotminerals führen. Es ist dies ein wenige Meter mächtiger Erosionsrest des normalen Hangenden der im weiten Umkreis aufgeschlossenen gelblichen Dolomite und Rauhwacken der Mitteltrias (Seidlwinkltrias), die auf der Nordflanke der Edelweißspitze auch Gips führen (vgl. Geologische Karte des Großglocknergebietes, H. P. CORNELIUS und E. CLAR, 1939). Weitere kleine Erosionsreste der Quartenschiefer sind im Osten gleich auf der nächsten Scharte unter der Edelweißspitze erhalten, dann gegen Süden beim Rehrlhaus und am Fuschertörlkopf.

### Osthälfte des Panoramas (Günther Frasl)

Unter dem Kendlkopfrücken (Blickrichtung NO) und gegen SSO, im Talschluß des Seidlwinkltales täuschen die flach lagernden Bänke der Mitteltriaskalke, Dolomite und gelblichen bis ockerigen Rauhwacken eine ruhige Lagerung vor, doch steht dem sichtlich das Herumschwingen der Rauhwacken und Dolomite um den Kalkmarmorzug über dem Langereithboden (im Norden, also am Westfuß des Hirzkarkopfes) gegenüber, und noch viel mehr die Tatsache, daß die untertriadischen Quarzite und Arkoseschiefer der Wustkogelserie im Talschluß des Seidlwinkltales nicht die Karbonatgesteinszüge der Mitteltrias unterlagern, sondern zwischen diese eingefaltet sind. So bilden zum Beispiel die Gesteine der permo-skythischen Wustkogelserie (der Wustkogel ist im SO sichtbar) unter dem Schaflegerkopf und dem Sagkogel ein weithin sichtbares, grünlichweißes Band, welches den Kern einer liegenden, isoklinalen Großfalte darstellt. Es folgt nämlich einerseits darüber der mächtige Hangendschenkel von vorwiegend gelblichen Karbonatgesteinen der Mitteltrias und dann eine Bündnerschieferfolge. Darunter aber ist auch der Liegendschenkel der Falte sichtbar.**

Der Liegendschenkel ist dadurch gekennzeichnet, daß unter der Wustkogelserie zuerst wieder das ockerig-gelbliche Band von Karbonatgesteinen der Mitteltrias auftritt, und darunter folgen schließlich verschiedenartige Gesteine der meist grau gefärbten Bündnerschieferserie.

Innerhalb dieser tiefsten Bündnerschieferfolge, die auch im Talgrund des obersten Seidlwinkltales (SSO) aufgeschlossen ist, ist es freilich kaum mehr möglich, zwischen einem oberen, inversen Teil, der noch zur Großfalte gehört, und einem liegenden, überfahrenen Teil eine Deckengrenze zu finden, obwohl die Großfalte aller Wahrscheinlichkeit nach eine eigene Decke mit einer mehrere Kilometer reichenden Überschiebungsweite darstellt.

Den unter der Seidlwinkltrias liegenden Bündnerschiefern sind hier jedenfalls mehrere Lagen von Bündnerschiefergneis eingeschaltet, wobei man noch an verschiedenen Stellen, z. B. in den Bänken unter dem Gamskarl und beim Hohen und Niederen Modereck die ursprünglichen primärsedimentären Übergänge dieser Arkosegneise in Kalkglimmerschiefer sowie quarzitische und phyllitische Bündnerschiefer im zusammenhängenden Aufschluß erkennen kann. Im übrigen sind die im Diesbach-Almgebiet flach N-fallenden Gesteinslagen dieser Bündnerschieferserie vielfach zu dünnen, weithin ebenen Platten

* Siehe Beilage

** Daß die Trias tatsächlich einen Faltenschluß bildet, ist auf dem Panorama selbst nicht sichtbar; aber auf der anderen Seite des Kendlkopfes, also auf dem verdeckten, ostschauenden Hang des Seidlwinkltales ist im Hirzkar die Umbiegung der Mitteltriasgesteine des Hangendschenkels um den Faltenkern (Wustkogelserie) herum in den Liegendschenkel eindeutig verfolgbar.

ausgewalzt. Nach dieser sehr starken Deformation und dann auch nach der hier bis an die Grenze zwischen Grünschieferfazies und Amphibolitfazies reichenden tauernkristallinen Überprägung ist es kaum mehr möglich, klarzustellen, wie der im Diesbachkar eingeschaltete Horizont von zum Beispiel Meterzehner und darüber langen Dolomitlinsen vom Habitus der Mitteltriasdolomite tatsächlich entstanden ist. Da diese Dolomitlinsen aber recht regelmäßig mit nachtriadischen Dolomitbreccien (auch Blockbreccien z. B. N vom Hohen Modereck) verknüpft sind, ist es auch denkbar, daß die Dolomiteinlagerungen ursprünglich durch submarine Eingleitungen in die Bündnerschieferserie zustande gekommen sind und man muß sie nicht zwangsläufig als rein tektonische Einspießungen, eventuell gar an einer Deckengrenze auffassen.

Auch der mehrere Kilometer mächtigen Bündnerschieferserie im Hangenden der Seidlwinkltrias sind weithin sichtbare Dolomit- und Kalkmarmorlinsen eingeschaltet. Diejenigen von maximal Kilometergröße, welche wir von hier im NNW hoch über Ferleiten im Fuschertal sehen können, sind nur die markantesten Vorkommen und diese werden im allgemeinen schon an die Basis der noch höheren Deckeneinheit der „Oberen Schieferhülle" (auch „Obere Schieferhüllendecke" oder eventuell als „Glocknerdecke" bezeichnet) gestellt.

Auch im O, über dem Seidlwinkltal ist im Rettenkar eine höhere Lamelle von Quarziten und Karbonatgesteinen der Triasbasis und Mitteltrias andeutungsweise erkennbar, die bei P. 2674 zwischen Tiefer Scharte und Schaflegerkopf über den Kamm geht. Diese Lamelle von Triasgesteinen entspricht aber nicht dem tektonischen Niveau der Triaslinsen von Ferleiten, sondern ist in einem anscheinend etwas tieferen tektonischen Horizont in die Bündnerschiefermassen eingeschaltet und steht vielleicht im N noch im Zusammenhang mit der Seidlwinkltrias, doch ist ein solcher Zusammenhang wegen der jungen Talzuschüttung des Seidlwinkltales nicht mehr beweisbar. Die darüber folgende mächtige Bündnerschiefer-Ophiolithfolge („Obere Schieferhülle") ist jenseits des Seidlwinkltales jedenfalls auch noch tektonisch verdoppelt, wobei die untere Ophiolithlage beim Bockkarsee durchgeht und die obere Ophiolithmasse im N beim Leitenkopf fast 1 km mächtig wird.

Im bisher besprochenen Abschnitt sind die Lagerungsverhältnisse im einzelnen vorwiegend durch eine vom Handstückbereich bis in die Hundertmeterdimension gehende Verfaltung nach einer meistens N–S gerichteten Faltenachse kompliziert worden, wovon aber beim Rundblick von der Edelweißspitze wenig zu sehen ist. Das plötzliche Abschneiden der Seidlwinkltrias jenseits vom Wustkogelrücken, an der von der Weißenbachscharte nach N bis zum Grund des Seidlwinkltales (beim Rauriser Tauernhaus) verfolgbaren Linie, ist jedenfalls durch ein zu diesen Faltenachsen parallel laufendes, junges Störungsbündel begünstigt worden. Dadurch wurde außerdem besonders im westlichen Teil des Diesbach-Almgebietes eine Zerlegung in Bruchschollen mit geringer Höhenverstellung verursacht.

Bei den im Hintergrund herausschauenden Kulissen erfolgte im SO-Abschnitt die geologische Interpretation meist nach den publizierten Unterlagen von Ch. Exner. Dort sind schließlich noch tiefere Stockwerke als in der Nähe sichtbar, und zwar die vormesozoische Schieferhülle bei der Sandkopflamelle, die über der Weißenbachscharte sichtbar ist, dann die vormesozoische Schieferhülle im Hocharngebiet und im Ankogelgebiet. Im Hocharngebiet tritt schließlich als Allertiefstes der vorwiegend granitische Zentralgneis der Sonnblickmasse heraus, während nördlich des Ritterkopfes die schon jenseits von Bad Gastein gelegenen, mehr oder minder autochthonen Zentralgneise der Ankogelgruppe über die vorderen Kulissen schauen.

Gegen NE sieht man schließlich im Hintergrund im Einschnitt des nördlichen Seidlwinkl- und Rauristales zuerst Ausschnitte aus tektonisch noch höheren Horizonten der vorwiegend nachtriadischen Schieferhülle, die aber einschließlich der Klammkalkzone immer noch zum Penninikum gehören; darüber folgt schließlich, weil die Grauwackenzone in der Tiefe versteckt ist, sogleich die Kulisse der Kalkhochalpen.

## Westhälfte des Panoramas (Wolfgang Frank)

In der Blickrichtung gegen Westen beherrscht die Übereinanderfolge von Hangendteil der Seidlwinkltrias, den damit verbundenen Bündnerschiefern in Brennkogelfazies und den überschobenen Kalkglimmerschiefern der Oberen Schieferhülle fast das ganze Gesichtsfeld. Im Vordergrund sind durchwegs die Dolomite der Seidlwinkltrias aufgeschlossen, oft auch mit rauhwackigen Partien (nicht überall ausgeschieden). Im Grenzbereich gegen die Bündnerschiefer treten besonders im weiteren Bereich des Fuschertörls die hellen Chloritoidschiefer, verbunden mit hellen Quarziten, auf. Das Verschwinden der Trias noch am ostseitigen Talhang des Fuschertales ist auch eine Auswirkung der N-S-Faltung. Die Quarzite in der Brennkogelfolge treten besonders gut W Ferleiten und im Brennkogelaufbau hervor. Hier sind auch die anscheinend isolierten Quarzitvorkommen als abgetrennte Faltenstengel. Entlang der Grenze von Brennkogelfolge und dem geschlossenen Bereich der Kalkglimmerschiefer der Oberen Schieferhülle ist die Querfaltung im Talschluß des Fuschertales besonders gut verfolgbar. Die gleiche N-S-Achsenrichtung, nur vielfach schräg angeschnitten, ist auch in den Verfaltungen in der Ostflanke des Wiesbachhornes und des Hohen Tenns vorhanden. Durch die Art der Anordnung der Triaslinsen an der Basis der Oberen Schieferhülle erkennt man, daß hier nicht eine scharfe Unterfläche ausgebildet ist, sondern ein heute nicht mehr scharf abgrenzbarer Bereich mit besonders starker Verformung. Nach den Einfaltungen der Oberen Schieferhülle gegen O in die Bündnerschiefer der Seidlwinkldecke am Nordabhang des Klobens herrscht vom Schartenkopf nach E wieder die übliche Aufeinanderfolge der beiden Einheiten. Im einzelnen ist eine scharfe Grenzziehung auch hier oft nicht möglich, so zählt nur die Kalkglimmerschieferauflagerung knapp W des Brennkogelgipfels sicher zur Oberen Schieferhülle.

Unser Standort liegt etwa in der Mitte, also etwa bei der Kulmination des Querschnitts durch die ungefähr Ost-West-gerichtete, rückenförmige Aufwölbung der Tauernschieferhülle. Von hier ist das Abtauchen des Kalkglimmerschiefergewölbes im N in der Engstelle des Fuschertales gut erkennbar, im S gerade noch im S-Einfallen der Prasinitzüge des Glocknerkammes.

Die Pasterze, der größte Gletscher der Ostalpen und der Großglockner, der höchste Berg Österreichs, die besonderen touristischen Anziehungspunkte der zentralen Glocknergruppe. Der Blick geht nach Westen über die Glocknergruppe hinweg gegen die nördlichen Ausläufer der Granatspitz- und Venedigergruppe. Das Firngebiet der Pasterze wird von zahlreichen Gipfeln, deren Höhe weit über 3000 m beträgt, umrahmt (links der Großglockner, 3798 m, in der Mitte der Johannisberg, 3463 m rechts der Mittlere Bärenkopf, 3357 m). Die Gletscherzunge besteht aus zwei charakteristischen Teilen, einem (orogr.) linken, größeren, blanken Teilstrom, der aus dem Firngebiet des Obersten Pasterzenbodens ernährt wird, und einem rechten, schmäleren, moränenbedeckten Teilstrom, der in der Hauptsache vom Glocknerkarkees und Teufelskampkees seinen Nachschub erhält. Vor dem Mittleren Bärenkopf ist der Fuscherkarkopf (3336 m) zu sehen, von dem der Grat herab zum Freiwandkopf zieht. Am Fuße dieses Kammes führt die Großglockner-Hochalpenstraße heran, zum Aussichtspunkt Franz-Josefs-Höhe. Die Pasterze hat heute eine Fläche von rund 20 km² und eine Länge von rund 9 km (von der Hohen Riffel bis zum Zungenende in etwa 2100 m. Vgl. den Beitrag von H. PASCHINGER). (Flugaufnahme vom 25. 9. 1967 von H. SLUPETZKY, freigegeben vom BMfLV mit Zl. 4.360-RAbtB/69.)

# Die Großformen im Glocknergebiet

Von Heinz Späth (Würzburg)

I. Einführung und allgemeine Grundlagen . . S. 117
II. Geologischer Überblick . . . . . S. 119
III. Strukturformenschatz . . . . . S. 121
IV. Die Altflächengenerationen. . . . . S. 124
1. Die hochgelegenen Altflächen. . . . . S. 124
2. Das „Flachkarniveau". . . . . S. 130
V. Die Talgenerationen. . . . . S. 132
1. Das Hochtalsystem . . . . . S. 132
2. Die jüngeren Talgenerationen. . . . . S. 135
VI. Der glaziale Formenschatz . . . . . S. 138
VII. Nacheiszeitliche und rezente Formung . . . S. 139
VIII. Großformen und Kulturlandschaft . . . . S. 141

## I. Einführung und allgemeine Grundlagen

Wer in schwieriger Seilschaft durch vereiste Wand oder als Bergwanderer auf gesichertem Steig einen Dreitausender der nördlichen Glocknergruppe[1] erreicht hat, wird nach verdienter Rast sicherlich Umschau halten.

Vielleicht fallen ihm zunächst die weitgespannten flachen Firnfelder auf, die nur wenig – allerdings meist mit steilen Flanken – in ihre kuppige Umrahmung eingesenkt sind. Erstaunlicherweise werden diese Kuppen oben von kleinen Verebnungen gekrönt, so beispielsweise die Bärenköpfe und der Johannisberg. Die Erkenntnis, daß alle diese Formen vom Eis geschaffen wurden und noch werden, drängt sich ihm direkt auf.

Sein Blick durchmißt dann den durchstiegenen Höhenunterschied, sucht den Einstieg – weit unter ihm – und verfolgt seinen Weg zurück, hinunter in eines der tief eingeschnittenen Tauerntäler. Dabei erkennt er die oft so beschwerlich zu überwindenden Stufen und Riegel und die dazwischenliegenden schotter- und schutterfüllten Becken, die sogenannten Böden. In diese sind wiederum steil geneigte, junge Schuttkegel hineingeschüttet.

Weit draußen quert das breite Salzachtal. Es trennt die Glocknergruppe von den wesentlich niedrigeren und auch ganz anders aussehenden Kitzbühler Alpen.

Die breite Zeller Furche zweigt vom Ober-Pinzgau nach N in die Kalkalpen, die er eben noch am Horizont erahnt, und deren vergleichsweise wilde Formen so ganz im Gegensatz zu den sanften Hügeln der Kitzbühler Alpen stehen.

Er bemerkt Verflachungen und Terrassen an den gewaltigen Talflanken der Tauerntäler in ganz verschiedenen Höhen und registriert sesselförmige, wie ein Kar aussehende Gebilde. Diese beherbergen jedoch weder Eis noch Firn.

Kleine Seitenbäche fallen über einzelne Stufen bis zum Haupttal, wo ihr Bett plötzlich aufhört und in die Luft ausstreicht.

Namentlich über der Mattenzone erkennt er mehrfach den nackten Fels und dessen Lagerung. Einzelne Bänke erscheinen wie scharf herausgemeißelt und stufen den Hang. Am Verlauf dieser Gesimse verfolgt er die geschwungenen Strukturflächen der Gesteine.

Schließlich glaubt er, wenig oberhalb der heutigen Waldgrenze, eine Linie zu erkennen,

[1] Wir hätten genausogut ein Beispiel aus der südlichen Glocknergruppe wählen können.

die lückenhaft talwärts zieht. Unterhalb dieser Grenze, die meist eine deutliche Hangverflachung nach oben abschließt, erscheinen ihm die Formen weicher, teilweise zugerundet, während darüber ein „rauhes" Relief mit kantigen Vorsprüngen und wirr gezackten Schneiden hinauf zu den Kammlinien führt.

Als Bergsteiger und Kenner des Hochgebirges weiß er um die Eiszeit. Er erinnert sich, daß damals unsere Alpentäler von mächtigen Gletschern erfüllt waren. Weit draußen, im nördlichen Alpenvorland, fanden sie ihr Ende. Die zahlreich vorhandenen Moränen vor ihrer ehemaligen Stirn beweisen dies. Den Wirkungen dieser eiszeitlichen Gletscher weist er nun – folgerichtig – die überschliffenen Formen unten im Tal zu. Viele von diesen sind heute mit Wald bestanden oder vom Menschen als Siedlungsplätze oder Wirtschaftsflächen genutzt. Sie verschleiern dadurch ihr ursprüngliches Aussehen.

Somit ist unser Bergfreund nach unverbindlichem Spiel der Beobachtungen und Gedanken ungewollt zum modernen Geomorphologen geworden! Er hat zunächst den gesamten Formenschatz – das Relief – in Einzelformen zerlegt. Dabei erkannte er Formen gemeinsamer Wesenszüge, die es ihm erlaubten, nach Formentypen zu ordnen. Dann stellte er die Frage nach deren Entstehungsbedingungen.

Dabei wurde ihm bewußt, wie bescheiden sich das heutige morphologische Geschehen ausnimmt, verglichen mit der eiszeitlichen Ausgestaltung der Tauerntäler.

Diese Methode macht das Wesen der heutigen Geomorphologie aus: auf die Reliefanalyse folgt die Ordnung zu einzelnen Reliefgenerationen (J. BÜDEL, 1963), Formen, die gleichzeitig und unter gleichen Bedingungen entstanden sind. Die chronologische Anordnung der Reliefgenerationen, durchaus den verschiedenen Epochen der Historie vergleichbar, ergibt die Geschichte oder Genese des Reliefs.

Jede neue Reliefgeneration hinterließ ihre Zeugen. Diese wurden aber von der nächstfolgenden – jüngeren – mehr oder minder stark überformt, ja zum Teil ganz vernichtet. Umgekehrt konnten sich die neu entstehenden Formen keineswegs frei entfalten. Sie mußten sich mit dem bereits vorhandenen, ererbten Formenschatz, auseinandersetzen, das heißt sie wurden wesentlich von ihm beeinflußt.

Je älter nun die Formen sind, desto stärker sind sie überprägt oder gar zerstört. Um so schwieriger ist es dann, ihr ursprüngliches Aussehen zu rekonstruieren.

Im Laufe der langen Entwicklungsgeschichte der Glocknergruppe wechselten mehrfach Hebungsphasen mit Zeiten relativer Ruhe. Jede neue Hebung initiierte den Beginn einer neuen Reliefgeneration. Wie sich diese morphologisch äußert, ist aber von den außenbürtigen oder exogenen Kräften abhängig. Diese werden in erster Linie klimatisch bestimmt.

Somit sind alle Formen im komplizierten Zusammenspiel von innenbürtigen oder endogenen und außenbürtigen oder exogenen Kräften entstanden. Sofort mit der Hebung beginnt die Abtragung. Und gemäß den klimatisch gesteuerten Mechanismen dieser Abtragung werden auch bei gleichen endogenen Bedingungen verschiedene Formentypen gebildet.

Da sich das Klima seit dem mittleren Tertiär, wo die Tauern erstmals auftauchen, mehrmals grundlegend geändert hat, haben sich auch die Abtragungsbedingungen entsprechend gewandelt. Dies macht sich im Formenschatz deutlich bemerkbar. Und demzufolge sprechen wir von klimagenetischen Reliefgenerationen (J. BÜDEL, 1963).

So ist das Hauptziel dieses Beitrags, die Großformen im Gebiet der Glocknergruppe auszugliedern und sie zu Reliefgenerationen zu ordnen. Besonders aufmerksam wollen wir dabei prüfen, ob die jeweiligen Formen vorwiegend endogen oder klimatisch bestimmt sind. Die gesamten Befunde sollen es uns am Schluß gestatten, eine Reliefgeschichte der Glocknergruppe zu entwerfen.

Die jahrzehntelange Diskussion der verschiedenen geologischen und morphologischen Bearbeiter der Hohen Tauern würde allein Bände füllen. Auch ist in diesem Rahmen eine geschlossene und detaillierte Bearbeitung aller Formen des Großglocknergebietes nicht möglich. Vielmehr kommt es uns darauf an, unsere eigenen Geländebeobachtungen mit den Ergebnissen früherer Bearbeiter zu vergleichen. Wo nötig, wird der Stand der Diskussion summiert vorgetragen und auf weiterführende Literatur verwiesen.

Teilgebiete der Glocknergruppe wurden wiederholt bearbeitet. Unseres Wissens ist dies aber die erste Übersicht, die versucht, das Gesamtgebiet zu erfassen. Wir werden dabei exemplarisch vorgehen müssen. So werden wir an besonders ausgewählten, vor allem typischen Beispielen, unsere Ergebnisse belegen. Dabei wurde darauf geachtet, daß die genannten Typlokalitäten an leicht zugänglichen Stellen liegen.

## II. Geologischer Überblick

Wo großtektonische Einheiten, Strukturen oder das Gestein selbst den Formenschatz bestimmen, sprechen wir von Strukturformen, bzw. von gesteinsbedingten Formen.

Bevor wir das Relief der Glocknergruppe auf Strukturformen untersuchen, sei zum besseren Verständnis das geologisch-tektonische Inventar des Glocknergebietes vorgestellt. Wir können uns dabei kurz fassen, weil in diesem Band ein eigener Beitrag über die Geologie der Hohen Tauern von Fachhand beigetragen wurde (W. FRANK, 1969, S.95ff. in diesem Band). Auch liegt ausgezeichnete geologische Literatur über die Hohen Tauern vor, die dem interessierten Leser bestens empfohlen sei: die hervorragende Karte des Glocknergebietes von H. P. CORNELIUS und E. CLAR (1935), sowie deren Glocknermonographie (1939). G. FRASL (1958) verdanken wir die Seriengliederung der Schieferhülle in den mittleren Hohen Tauern. Zusammen mit W. FRANK (FRASL und FRANK, 1966) hat er das Penninikum im Tauernfenster untersucht. Auf die bei allen oben angeführten Autoren reichlich zitierte geologische Literatur sei besonders hingewiesen. TH. PIPPAN (1964) studierte die Hangformen des Fuscher Tales und deren Abhängigkeit von tektonischen und petrographischen Einflüssen. In allen ihren morphologischen Beiträgen zum Glocknergebiet hat sie diesen Einflüssen große Aufmerksamkeit geschenkt. Auch E. SEEFELDNER (1961) macht in seiner Landeskunde von Salzburg immer wieder auf Anlehnungen der Morphologie an Gestein und Strukturen aufmerksam.

Bei der folgenden kurzen Einführung folgen wie hauptsächlich G. FRASL (1958), G. FRASL und W. FRANK (1966), W. FRANK (1969) und H. P. CORNELIUS und E. CLAR (1935, 1939).

Im langgestreckten Gewölbe der Hohen Tauern treten unter einer mehrere Kilometer dicken Deckenmasse vorwiegend vormesozoischen Ostalpins oft jüngere, mesozoische Gesteine an die Oberfläche. Wo die Deckenmassen abgetragen sind, sehen wir wie durch ein Fenster den Fensterinhalt.

Da das Mesozoikum im Fenster eine sedimentäre Fazies aufweist, die sich von den umgebenden tektonischen Großeinheiten der Ostalpen deutlich unterscheidet und ganz jener der sogenannten penninischen Einheiten der Westalpen entspricht, rechnen die Geologen den Fensterinhalt zum sogenannten Penninikum.

Der heutige tektonische Großbau der Glocknergruppe wird uns am besten verständlich, wenn wir uns die gewölbten, übereinanderliegenden Schalen einer Zwiebel vorstellen, in die an einer Stelle ein flaches Loch geschnitten ist, so daß die inneren Schalen sichtbar werden (Zwiebelschalenbau, G. FRASL, 1958).

Im Glocknergebiet wird der Zentralgneiskern der Granatspitzgruppe, der im W in unser Arbeitsgebiet hereinreicht, von einer älteren (G. FRASL, 1958) (früher nach H. P. CORNELIUS und E. CLAR, 1939, „unteren") und einer jüngeren (früher „oberen") Schieferhülle umgeben[1]. G. FRASL (1958) hat diese Schieferhüllen erstmals in sogenannte Serien gegliedert.

Der Granatspitzkern, als tektonisch tiefstes Glied des Tauernfensters, besteht aus hellem, bankigem Zweiglimmergranitgneis, der im Gebiet Tauernmoos- und Weißsee zu sogenanntem „Weißschiefer" umgebildet ist. Darüber liegt die Granatspitzhülle; im Süden dünn, erreicht sie im Norden gut zwei Kilometer Mächtigkeit. Als tektonisch nächsthöhere Einheit folgen die Riffldecken. Ihr Gesteinsmaterial wird vorwiegend durch Biotitgneise und Glimmerschiefer bestimmt. Über dieser alten Schieferhülle liegt

[1] Vgl. hierzu Karte XXV bei G. FRASL (1958).

die mächtige Deckeneinheit der „oberen Schieferhülle" (H. P. CORNELIUS und E. CLAR, 1939). Sie wird heute (G. FRASL, 1958) als junge Schieferhülle bezeichnet, weil ihre Gesteine, geringmächtige Trias an der Basis und die mächtigen Bündnerschiefer darüber, im wesentlichen nachtriadischen Alters sind, im Gegensatz zur vorwiegend paläozoischen alten Schieferhülle.

Die Bündnerschiefer lassen sich ihrerseits in verschiedene Fazies gliedern, wovon die der Glocknerfazies die bedeutendste ist. Dieses gewaltige Paket aus Kalkglimmerschiefer und Prasinit, daneben kleinere Vorkommen von Serpentin, Granatmuskowitschiefer und schwarzem Phyllit faßten H. P. CORNELIUS und E. Clar (1939) als eigene Decke auf, ebenso die im Norden anschließende Fuscher Schieferhülle, die sie als „Nordrahmenzone" bezeichneten. Sie enthält viel dunklen Phyllit und wurde von H. P. CORNELIUS und E. CLAR der unterostalpinen Matreier Zone im Süden des Tauernpenninikums gleichgestellt. Die Ergebnisse G. FRASLS scheinen gegen diese Zuordnung zu sprechen. So ist der eigentliche (ober-)ostalpine Fensterrahmen im Norden die Grauwackenzone jenseits des Salzachtales, im Süden unzweifelhaft das Altkristallin der Schobergruppe. Die schieferreiche Matreier Zone kann wohl als unterostalpin-penninische Mischzone gelten.

Alle Gesteine des Penninikums sind metamorph; die relativ geringsten Umwandlungen zeigt die Fuscher Schieferhülle.

In einem gewaltigen Transportakt wurden die mehrere Kilometer mächtigen ostalpinen Einheiten über das Penninikum geschoben. Auch die Bündnerschiefer wurden vom Südteil des penninischen Sedimentationstroges nordwärts verfrachtet. Dagegen blieben die unteren Einheiten über dem Zentralgneiskern vorwiegend ortsfest.

Der zweite tektonische Akt war die Zeit der stärksten Überlastung und der Metamorphose der Tauerngesteine. Im Zusammenhang damit kam es zur sogenannten Quereinengung mit N-S gerichteten Achsen. Besonders die Schieferhüllen und hier insbesondere die obere wurden von ihr erfaßt. Größere Überschiebungen gab es dabei nicht mehr. Augenfälliges Produkt dieser Querfaltung ist die „Glocknerdepression". Im Vergleich mit dem entblößten Granatspitzkern im Westen liegen in dieser Mulde die Gesteine viel tiefer, und so erklärt sich auch die hier vom Salzachtal bis zur Matreier Zone durchgehende mesozoische Schieferhülle. Das später folgende Abgleiten des Ostalpins nach Norden hinterließ im nördlichen Teil des Tauernfensters viele E–W gerichtete Strukturen. Diese sind also jünger als die N–S streichenden Querfalten.

Alle diese Vorgänge spielten sich in tiefer Versenkung ab. Sie führten im Tauernfenster zu folgenden Ergebnissen: die Anordnung der Decken, die Verfaltungen und die Metamorphose der Gesteine. Das Gesteinspaket des späteren „Gebirges" war also „geologisch" bereits weitestgehend fertig, obwohl es sich morphologisch überhaupt nicht bemerkbar machte!

Die Summe der Vorgänge in der Tiefe bezeichnen wir als Orogenese. Es hat sich aus morphologischer Sicht als notwendig und zweckmäßig erwiesen, diesen Begriff etwas straffer zu fassen und ihn wirklich nur auf die „geologische Gebirgsbildung", das heißt die Gesteinsdurchknetung in der Tiefe zu verwenden (vgl. J. BÜDEL auf S. 23 dieses Bandes). Auf diese Orogenese folgt gesetzmäßig die Epirogenese, die Aufwölbung bzw. Hebung des betreffenden Krustenstückes. Orogenese und Epirogenese machen zusammen die Gesamtgebirgsbildung aus. Es muß hier aber ausdrücklich betont werden, daß diese beiden Großakte morphologisch scharf zu trennen sind.

In dem Augenblick, wo sich ein Krustenstück erstmals aus dem Meeresspiegel erhebt, beginnen sofort die exogenen Kräfte mit ihrem Zerstörungswerk. Genau hier setzt unser morphologisches Interesse ein.

Nach dem Stand der heutigen Forschung können folgende zeitliche Zuordnungen getroffen werden: Die großen Deckenüberschiebungen fanden in der Kreidezeit statt. Die Querfaltung wird ebenfalls noch in die (Ober-) Kreide gestellt; sie hält bis ins Alttertiär an. Der dritte Akt der alpidischen Orogenese, die Längsachsentektonik (im nördlichen Teil des Tauernfensters), fällt ganz ins Alttertiär. Spätestens zu dieser Zeit beginnt auch die Hebung im Zentrum der Tauern. Bereits im Alttertiär setzen auch Entlastung

und Aufstieg des Tauernkörpers sowie die damit verbundene Abtragung der ostalpinen Überdeckung ein.

Die Hebung erreichte ihren Höhepunkt allerdings erst im Jungtertiär. Diese jungtertiäre Hebung erfolgte etappenweise. Der Wechsel von Hebungsphasen und Zeiten relativer Ruhe macht letztlich den Stockwerksbau der Glocknergruppe aus. Alle Autoren sind sich einig, daß die Hebung der Tauern im Pleistozän andauerte und auch heute noch nicht beendet ist. Die absolute Alterseinordnung dieser Entwicklungen bereitet im Glocknergebiet deshalb erhebliche Schwierigkeiten, weil in den Hohen Tauern keine datierbaren Ablagerungen vorliegen. So bleibt das Ennstaltertiär nach wie vor ein Markstein für die Datierungen. A. WINKLER (1928) hatte diese Ablagerungen zunächst ins Aquitan gestellt, sich dann später (1957) für unterhelvetes Alter ausgesprochen. Diese Sedimente enthalten noch keinerlei Material aus den penninischen Gesteinsmassen des Tauernfensters. Das heißt, daß die ostalpinen Decken das Tauernfenster noch überdeckten und noch nicht so weit abgetragen waren, daß das Pennin zutage treten konnte.

Diese Abtragung hat höchstwahrscheinlich flächenhaft gewirkt (Denudation). Die Abtragungsmassen wurden in einer Flachlandschaft nordwärts geführt. In den für ihre Erhaltung günstigen nördlichen Kalkalpen sind allerorten noch ansehnliche Reste zu finden: die sogenannten Augensteine. A. WINKLER-HERMADEN (1957) hat diese kleinen, vorwiegend aus Quarz bestehenden Augensteinschotter als unterhelvet datiert und ihre Zugehörigkeit zum Miozän des Ennstales festgestellt.

Gegen Ende des Jungtertiärs folgte dann eine kräftige Heraushebung. Mit zunehmender Hebung wird der Fensterinhalt freigelegt. Die sogenannte Nordstörung am Südrand des Salzachtales zeichnet sich wahrscheinlich bereits im Frühstadium der Hebungen ab (G. FRASL und W. FRANK, 1966). Entlang dieser Linie wurden die Tauern um mehrere hundert Meter stärker gehoben.

## III. Der „Strukturformenschatz"

Nach dieser Übersicht müssen wir uns die Frage stellen, ob und inwieweit Beziehungen zwischen tektonischen Einheiten bzw. Strukturen und dem heutigen Großformenschatz in der Glocknergruppe bestehen. Schon der erste Blick zeigt uns, daß die zum Teil sehr steil einfallenden Decken, bzw. Serien von einer gedachten Hüllfläche glatt gekappt werden. Das vermitteln auch sehr eindrucksvoll die Profile in Abb. 2 bei W. FRANK, s. S. 110.

Einerseits liegt der zur jungen Schieferhülle gehörende Großglockner (3798 m) als höchster Gipfel der Ostalpen in einer Depressionszone (Glocknerdepression der Querfaltung), andererseits bleiben die Dreitausender (Sonnblick 3088 m, Granatspitz 3086 m) des Granatspitzkerns, des tektonisch tiefsten Teils im Tauernfenster, gegenüber der Umgebung des Großglockner höhenmäßig nur wenig zurück. Selbstverständlich sind dafür in erster Linie die tektonischen Großanordnungen während der Orogenese und die anschließenden verschieden starken Aufwölbungen verantwortlich. Diese Erklärungen allein reichen jedoch nicht aus. Es müssen auch Abtragungsbedingungen geherrscht haben, die auf Grund ihrer Wirkungsmechanismen fähig waren, kräftig und zugleich flächenhaft abzutragen.

Dies wird erst recht klar, wenn wir die ältesten erhaltenen Formen in der Glocknergruppe betrachten. Solche Flachformen sind heute hauptsächlich auf die höchsten und innersten Teile der mittleren Hohen Tauern beschränkt.

Die nördlichen Tauerntäler nehmen unabhängig vom geologischen Untergrund ihren Weg zur Salzach (H. SLUPETZKY, 1968). Sie durchqueren dabei mehrere Deckeneinheiten bzw. Serien, ohne größere Veränderungen zu zeigen. Dagegen gewinnt das Salzachtal als Erosionsbasis eine überragende Bedeutung für die morphologische Ausgestaltung des Großglocknergebietes.

Südlich des Zentralkammes ist nur das Dorfer Tal mit seinem gestreckten Verlauf den nördlichen Tauerntälern vergleichbar. Auch der Dorfer Bach quert unbeeindruckt,

aus dem Zentralgneiskern kommend, die ältere und jüngere Schieferhülle. In der Talweitung oberhalb von Kals wird das Tal schlagartig breiter (weiche Gesteine der Matreier Zone), bevor es sich in gleicher Richtung als Kalser Tal südwärts durch das oberostalpine Altkristallin fortsetzt.

Die Matreier Zone macht sich von den großtektonischen Einheiten morphologisch am stärksten bemerkbar. Dies ist jedoch in erster Linie auf ihre Gesteinszusammensetzung zurückzuführen, wie im Anschluß näher diskutiert werden soll. Der Hochgebirgscharakter geht in dieser schieferreichen Zone weitgehend verloren. Mehrere kleine Täler passen ihren Verlauf an sie an, so zum Beispiel das Ködnitztal, Burger Bach und das obere Iseltal in der südlichen Venedigergruppe. Aber auch hier sind Gegenbeispiele leicht aufzuzählen: Gößnitztal und Peischlachtal, südöstlich von Heiligenblut, setzen sich ohne Veränderung durch die Matreier Zone bis zum Mölltal fort. Das Mölltal im SE und das Iseltal im SW übernehmen hier die Funktion als lokale Erosionsbasis, allerdings weniger eindrucksvoll als die Salzachfurche im N der Glocknergruppe. Ein Profil vom Kitzsteinhorn (3203 m – obere Schieferhülle) – Großkogel (3066 m – Riffldecke) – Hocheiser (3206 m – Zentralgneis) zum vorderen Bärenkopf (3249 m) und damit zur jüngeren Schieferhülle zurück, zeigt die gleichbleibende Höhe der Gipfelflur über alle Großeinheiten hinweg und unterstützt abschließend nochmals, wie gering der Einfluß der Decken und Serien auf die Großmorphologie der mittleren Hohen Tauern anzusetzen ist.

Viel entscheidender für das großmorphologische Inventar sind die Hebungsphasen der Tauern, die Bedeutung der verschiedenen, klimatisch gesteuerten Abtragungsbedingungen und die Lage der Erosionsbasen von Salzach, Möll und Isel sowie deren Zubringer.

Wo geringfügige Anpassungen vorhanden zu sein scheinen (z. B. im Ödenwinkel, Gebiet der Hohen Riffl), führt nähere Prüfung zu dem Ergebnis, daß diese Anlehnungen hauptsächlich der jungen fluviatilen und glazialen Erosion zuzuschreiben sind, oder aber auf petrographische Eigenheiten zurückgehen.

Wie werden nun die Großformen der Glocknergruppe von Schichtfallen und -streichen, Kluft- und Strukturflächen mitbestimmt? Hier wäre eine Fülle schöner Beispiele aufzuzeigen. Indessen zwingt uns der vorgesehene Raum zur Beschränkung. Dem näher Interessierten sei die ausgezeichnete Studie von TH. PIPPAN (1964) über das Fuscher Tal empfohlen, auch das inhaltsreiche Werk des großen Ostalpenkenners N. KREBS (1948) behandelt viele Beispiele aus der Glocknergruppe.

Ein bevorzugter Standort zum Studium dieser Probleme ist das obere Ende des Promenadenweges, bzw. der obere Burgstall mit der Oberwalder Hütte. Beim Blick nach S fallen die unter dem Glockner, Hofmannspitze, Teufelskamp und Romariswandkopf herauspräparierten Strukturformen schlagartig auf. Gesteigert wird dies dadurch, daß sich hier Kalkglimmerschiefer und der noch härtere, grüne Prasinit abwechseln.

Das Hochtal der Pasterze zeigt zwei ganz verschiedene Talflanken (vgl. H. PASCHINGER, 1965). Auf der linken, südwärtsschauenden Talseite fallen die Schichten in südlicher Richtung ein und liefern demzufolge viel weniger Schutt als die eisbeflankten Steilhänge hinauf zum Glocknerkamm, wo uns meist die Schichtköpfe entgegenschauen. N. KREBS (1948) und H. SPREITZER (1960, 1961) haben betont, daß diese Asymmetrie nicht allein durch das Schichtfallen verursacht wird. Sie wird vielmehr durch die morphologischen Fakten stark mitbestimmt. Wir haben in der Einleitung bereits angedeutet, daß diese struktur- und gesteinsbedingten Gesimse oder Denudationsleisten vorwiegend oberhalb der geschlossenen Vegetationsdecke auftreten. Dort gleichen aber die Abtragungsbedingungen weitgehend jenen in der Frostschuttzone (J. BÜDEL, 1960, 1961) der Polargebiete. Sie zeichnen sich durch starken mechanischen, durch Frostwechsel verursachten Gesteinszerfall und durch ebenso leistungsfähige Abtragung aus.

Diese sogenannten „periglazialen" Verhältnisse bestimmen also wesentlich Verwitterung und Abtragung in den höchsten Teilen der Glocknergruppe. Dabei spielt die Exposition eine stark modifizierende Rolle. So zeigt sich in der Glocknergruppe die Talasymmetrie dort besonders deutlich, wo zum entsprechenden Schichtfallen noch günstige

Expositionsverhältnisse kommen. Schneeanhäufung, Durchfeuchtung, Sonneneinstrahlung, Solifluktion usw. sind zwischen Sonn- und Schatthang unterschiedlich und verstärken die Asymmetrie. (Nähere Details bei H. SPREITZER, 1960.)

Im oberen Mölltal und im Ködnitztal sind diese Voraussetzungen trefflich zu verfolgen. Veränderungen im Talquerprofil sind stellenweise an querstreichende Gesteinspakete geknüpft. Je nach Gesteinshärte kommt es zu Verengungen (meistens) oder Weitungen in den Tälern (s. TH. PIPPAN, 1957 und 1964).

Auch der Blick vom Kitzsteinhorn nach SO in Richtung Klocknerin zeigt gut, wie die Strukturen das Aussehen der besonders steilen oberen Hänge modifizieren. Noch deutlicher sind diese Tatbestände an der Ostabdachung des Kitzsteinhorns selbst ausgebildet. Ähnlich wie unter dem hohen Kamm westlich des Glockners ist es hier zu deutlichen Schichtterrassen gekommen, die sich aus allen Höhen zwischen der Mooserboden-Staumauer und dem Wiesbachhorn betrachten lassen.

Zwischen Hoher Riffl und Tauernmoosboden hat besonders das Eis die Strukturen und die verschiedenen Gesteine herauspräpariert. Bei späteren Untersuchungen wäre hier am Rifflkees, dessen Untergrund genau dem Schichtfallen angepaßt ist, eine hochinteressante Frage anzusetzen: hat nun das Eis die Anpassung geschaffen oder ältere, selektive, fluviatile Erosion. Wir können hier leider nicht ausführlicher darauf eingehen. Es scheint jedoch festzustehen, daß diese Strukturformen jung sind und im Jungtertiär keineswegs in diesem Maße wie heute spürbar waren.

Sehr wichtig für die Ausgestaltung und Erhaltung der Großformen ist die Petrovarianz (J. BÜDEL, 1963), also der Einfluß der verschieden harten Gesteine auf den Formenschatz.

Die Trogform ist am besten in Massengesteinen ausgebildet und erhalten, so im oberen Dorfer Tal und im Stubachtal, beide im Zentralgneis gelegen. Gerade dort, wo im oberen Stubachtal die schönste glaziale Rundhöckerlandschaft des Glocknergebietes ausgebildet ist, liegt der Gneis als sogenannter „Weißschiefer" (Muskovitquarzschiefer) vor, der nach W. FRANK (1969, in diesem Band S. 100) diese Ausbildung besonders begünstigt. Außerdem gibt dort die bankige Absonderung des Gneises zu vielen Denudationsleisten Anlaß. Noch viel deutlicher zeigen sich diese an Marmor- und Dolomitbänken. Die Seidlwinkltrias in der Flachlandschaft zwischen Fuscher Törl und Hochtor liefert die besten Beispiele. Dort sind die flachlagernden Marmorrippen scharf herausgemeißelt und stufen treppenförmig den breiten Talschluß.

Die dunklen Fuscher oder Rauriser Phyllite im nördlichen Tauernfenster sind dünnblättrig und mürbe. Sie zerfallen sehr leicht und bedingen weiche Hang- und Gipfelformen. Damit sind sie für die Erhaltung von Altformen schlecht geeignet. Dagegen sind ihre Verwitterungsmassen sehr wasseraufnahmefähig und verursachen oft die gefürchtete Murenbildung.

Die Grüngesteine, besonders der reichlich auftretende Prasinit, treten häufig als Gipfelbildner hervor. Obwohl der Prasinit oft plattig absondert, ist er äußerst standhaft. Die Gipfel des Glockners sind aus Prasinit aufgebaut, desgleichen Heiligenbluter Freiwand, Luisengrat, die Blauen Köpfe und die Blaue Wand (südlich der Stüdlhütte). Das grüne Gestein verwittert bläulich und verursacht zackige Gipfelformen. Die Kühnheit dieser Gipfel und Kämme wird vom Serpentin noch übertroffen, der besonders im Stubachtal (Totenkopf) schroffe und rauhgeformte Felspartien liefert. Grundsätzlich läßt sich für die Gebiete mit starker Gesteinsmischung sagen, daß sie samt und sonders ein unruhiges Relief zeigen.

Eine besondere Würdigung verdient der Kalkglimmerschiefer, das meistvorkommende Gestein in der Glocknergruppe. Obwohl er nicht überall gleichförmig ausgebildet ist, zeigt er doch über weite Strecken homogenes Gefüge. Er verwittert braun, begünstigt glatte, zügige Kammlinien und Gipfel, die meist als Pyramiden scharf hervortreten: Kitzsteinhorn, Großes Wiesbachhorn, Fuscherkar- und Schwertkopf. Wo der Kalkglimmerschiefer sehr steil gestellt ist, finden wir die berühmten „Bretterwände", große, glatte Schichtflächen, die überall im Glocknergebiet zu beobachten sind. Die besten Beispiele freilich finden sich südlich des Hauptkammes im Kalser Tal. Die namen-

gebenden Typlokalitäten, die Bretterwände im eigentlichen Sinn, liegen im unteren Teischnitztal und unterhalb der Bretterwandspitze westlich der Dabaklamm. In der Umgebung der Pfortscharte im Ködnitztal sind diese Phänomene nicht minder eindrucksvoll ausgeprägt.

Bedeutender als die Bretterwände sind die riesigen „Glatthänge" des Kalkglimmerschiefers. Sie ziehen über Hunderte von Höhenmetern von den Tälern mit gestrecktem, ungegliedertem Hang bis hinauf zu den Gipfeln. Sie sind durchschnittlich um 35° geneigt und treten in der Glocknergruppe nur in Kalkglimmerschiefern auf[1], obwohl N. KREBS (1948) auch Beispiele aus dem Zentralgneis der Sonnblickgruppe anführt. Nach N. KREBS (1948), H. SPREITZER (1960, 1961) und unseren eigenen Beobachtungen müssen folgende Bedingungen erfüllt sein, damit es zur typischen Ausbildung dieser Glatthänge (Lokalnamen im Glocknergebiet: „Bratschen") kommt: relativ einheitlicher, nicht zu grobkörnig verwitternder Kalkglimmerschiefer, Süd- oder Südwest-Exposition und eine Steilheit des Hanges, die größere Schuttanhäufungen nicht zuläßt. Damit sind wir bereits bei den Formungsmechanismen: Vornehmlich Lawinen und die Solifluktion sorgen für die denudative Abtragung auf diesen dachartigen, dreieckförmigen Hängen. Der Wind ist bisher zu wenig beachtet worden. Er bläst aber sehr viel Feinmaterial aus. Durch die günstige Südexposition und durch die dünne Verwitterungsdecke trocknen diese Hänge rasch aus und bieten dann dem Wind ein günstiges Angriffsfeld. Die fluviatile Erosion greift um diese isolierten Dreiecke herum, und die ausgeglichene Glätte dieser Hänge bietet keinen Ansatz zu Nivationsformen. Die Südabdachung vom Schwertkopf im Leitertal ist wohl das Paradebeispiel hierfür im ganzen Arbeitsgebiet. Weitere typische Lokalitäten: der Hang nördlich der Pfortscharte im Ködnitztal und die Abdachung der Freiwandspitze im Teischnitztal. In beiden Fällen sind Solifluktionsformen angedeutet. Die Verhältnisse an der Pfortscharte stehen im Widerspruch zu N. KREBS (1948), der für alle diese Hänge ein mehr oder minder hangparalleles Schichtfallen fordert, was allerdings auch in vielen Fällen gegeben ist. An der gleichgeformten Pfortscharte aber fallen die Schichten senkrecht zum Hang nach SE ein. Nördlich des Glocknerkammes sind folgende Beispiele anzuführen: Fuscherkarkopf, Sinewelleck, Hoher Tenn und die Sonnseitbratschen westlich über dem Fuscher Tal. Die wenig standfesten Schiefer der Matreier Zone wurden oben bereits erwähnt. Hauptsächlich dunkle Phyllite, daneben Serizitschiefer, Quarzite, plattige Kalke und Dolomite treten auf. Die Gesteine dieser Zone verwittern meist sehr rasch und führen zu mächtigen Schuttanreicherungen. Vielfach kommt es zu Sackungen (W. FRANK, 1969, S. 104 in diesem Band), zum Beispiel im Ködnitztal und zwischen Kals und Matrei. Daher ist dort die Erhaltungsfähigkeit von Altreliefresten stark beeinträchtigt.

Abschließend sei hier bereits darauf hingewiesen, daß einige Stufen in den Tauerntälern an härtere Gesteine gebunden sind, andere völlig unabhängig von den Gesteinsverhältnissen auftreten.

## IV. Die Altflächengenerationen

### 1. Die hochgelegenen Altflächen

Schon relativ früh sind den Geographen und Geologen Flachformen gerade in den höchsten Teilen der Ostalpen aufgefallen. Das Interesse konzentrierte sich verständlicherweise zunächst auf die weitverbreiteten flachwelligen Landschaften auf den Dächern der nördlichen Kalkalpen und am Alpenostrand.

A. AIGNER (1924) hat wohl als Erster auf derartige Formen in den hohen Ketten der Zentralalpen hingewiesen. Die Befunde überraschten stark: gerade in den höchsten und innersten Teilen der zentralalpinen Ketten tritt an die Stelle kühner Gipfel und wirrer Kämme ein ausgedehntes, flachkuppiges Relief.

[1] Dies hat uns bewogen, die „Glatthänge" bei den Strukturformen mit aufzuführen.

Seitdem sind gut vier Jahrzehnte vergangen. Fast überall in den Ostalpen sind diese Altformen mittlerweile untersucht worden. Es kam dabei zu überaus lebhaften Diskussionen. Eine zentrale Bedeutung nahm dabei die Frage ein, ob sich diese Altformen noch weiter unterteilen lassen und aus mehreren Niveaus bestehen, die jeweils jüngere Reliefgenerationen repräsentieren würden, oder ob diese Flachformen genetisch einheitlich und gemeinsam entstanden sind und anschließend durch jüngere Tektonik mehr oder weniger verstellt wurden. Zu letzterem Ergebnis sind F. MACHATSCHEK (1922) und C. RATHJENS (1948) bei ihren morphologischen Untersuchungen in den Salzburger bzw. Berchtesgadener Kalkalpen gekommen. Demgegenüber konnte E. SEEFELDNER (1925/26, 1935) im gleichen Gebiet die Flachlandschaft in drei verschieden alte Niveaus gliedern: „Hochkönig-Niveau" in etwa 2600 m heutiger Seehöhe und jeweils rund 400 m tiefer liegend: das „Tennenniveau" und das „Gotzenniveau". 1935 hat E. SEEFELDNER diese Niveaus durch die Schieferalpen bis in die Kämme der mittleren Hohen Tauern weiterverfolgt. Daß zumindestens sein oberes Niveau („Hochkönigniveau") in den Schieferalpen überhaupt nicht vorhanden ist, hat ihn keineswegs von dieser an und für sich bestechenden Konzeption (H. SLUPETZKY, 1968) abgehalten. Das Fehlen des „Hochkönigniveaus" in der Grauwackenzone hat er mit der dort in den weicheren Schiefern besonders starken Abtragung erklärt. Zur Altersdatierung hat E. SEEFELDNER die Sedimente im Hausruckgebiet des Alpenvorlandes herangezogen. Die näheren Untersuchungen H. GRAULS (1937) im Hausruckgebiet haben sowohl die von E. SEEFELDNER angenommenen „Piedmonttreppen" des Hausrucks vollständig verneint als auch die Beziehungen zwischen den Alpen und dem Alpenvorland, auf denen die Datierungen SEEFELDNERS beruhen, unhaltbar erscheinen lassen.

Seit N. LICHTENECKER (1926) die alten Flachformen in der Raxalpe untersucht hat, wird dieses Altrelief auch als „Raxlandschaft" bzw. einfach Rax bezeichnet. Dieser Begriff hat sich mehr durchgesetzt als das „Firnfeldniveau", eine Bezeichnung, die N. CREUTZBURG 1921 im Ankogelgebiet aufgestellt hat, weil in den hochgelegenen Zentralalpen die „Raxlandschaft" größtenteils aus weitgespannten Firnfeldern besteht. Es zeigte sich, daß dieser Begriff zu weit gefaßt war, da er von den höchsten Kuppen bis herunter zu den Hochtälern alles einbezog, und man somit für das Firnfeldniveau teilweise eine Reliefenergie bis 1000 m annehmen mußte. E. SEEFELDNER bezeichnete die hochgelegene „Mittelgebirgslandschaft" in den Tauern als „Kuppenlandschaft", ein durchaus zutreffender Begriff. Die Schüler O. MAULLS, M. DROFENING (1934, nördliche Glocknergruppe), W. KLAKL (1935, südliche Glocknergruppe) sprachen neutral von Niveau I bis III. S. MORAWETZ (1930) gab den Firnmulden den Namen Großkar, und endlich schuf H. KLIMPT (1941) in der Sonnblickgruppe für die gleichen Formen den Ausdruck Flachkar. Die KLIMPTschen Flachkare zeichnen sich durch einen wenig geneigten, breiten Karboden aus und sind in die umgebenden Höhen und Gipfel nur wenige hundert Meter tief eingesenkt. Allerdings ist der Übergang vom flachen Karboden zu den Hängen scharf, bedingt durch die glaziale Erosion am Bergschrund. Die Hänge, die hinauf zur Umrahmung führen, sind meist sehr steil. Auch nach H. KLIMPT sind die Flachkare aus ehemaligen Mulden der Altlandschaft hervorgegangen. Ihre heutige Form verdanken sie der glazialen Überformung. Die meisten Flachkare sind im Glocknergebiet mit geringmächtigem Firn ausgefüllt. Wo heute – auf Grund der tiefen Lage – die Firnbedeckung fehlt, war sie auf alle Fälle während der pleistozänen Kaltzeit gegeben.

Ein heute firnleeres Flachkar schließt das obere Seidlwinkeltal ab. Die Glocknerstraße nutzt zwischen Fuscher Törl und Hochtor einige Reste dieses alten Flachkars, das von der Edelweiß-Spitze bestens einzusehen ist.

Nach dieser kursorischen Einführung, die am Schluß zum besseren Verständnis bereits ein Beispiel vorstellte, wollen wir uns nun dem Altformenschatz und seiner Verbreitung im Glocknergebiet zuwenden. Daß es sich auch hier um Altformen handelt, steht bei allen Bearbeitern außer Frage. Nach den Untersuchungen von N. KREBS (1948), H. P. CORNELIUS (1950) und E. SEEFELDNER (1952) können wir, etwas vergröbert ausgedrückt, in der Altlandschaft der Hohen Tauern ein Äquivalent zur Rax der Kalk-

alpen sehen. Besonders in der Glocknergruppe, noch mehr allerdings im Venedigergebiet, erreichen diese alten Flachformen ansehnliche Ausdehnung. Sie liegen vorwiegend, wie bereits erwähnt, in den höchsten und inneren Teilen der Glocknergruppe und verdanken ihre Erhaltung in erster Linie dem Umstand, daß sie von der jüngeren fluviatilen Erosion noch nicht erreicht worden sind. Dies begünstigen vor allem auch die mehrere hundert Meter hohen Stufen, welche die Untergrenze der alten Flachformen nach unten abschließen. Dort erfährt die von unten zurückgreifende fluviatile Erosion gewissermaßen einen Haltepunkt, „sie reißt ab".

Unter den einwandfreien Resten der Altlandschaft ist der oberste Pasterzenboden an erster Stelle zu nennen. Die Untergrenze verläuft bei etwa 2900 m, dort, wo der riesige hufeisenförmige Abbruch zum oberen Pasterzenboden beginnt. Einzurechnen sind diesem Niveau auch Mittlerer und Großer Burgstall (2973 m). Im sogenannten Rifflwinkel erreichen die Flachformen mehrere Quadratkilometer Ausdehnung, während der Anteil im Schneewinkel zurückbleibt. Die Umrahmung steigt nur wenig über die äußeren Teile dieser Firnmulden auf. Besonders bemerkenswert ist dabei, daß mehrere der umrahmenden Gipfel selbst wieder von flachen kleinen Plateaus gekrönt werden. So der Johannisberg (3463 m), die Hohe Riffl (3357 m), ganz besonders die Flächenreste zwischen Vorderem (3250) und Mittlerem Bärenkopf (3357) und dem Punkt 3300 nördlich vom Eiswandbichl. Auch das Plateau des Breitkopfes (3152) muß hier erwähnt werden.

Auf der Firnwanderung von der Oberwalderhütte nordwärts zum großen Wiesbachhorn sind folgende Altlandschaftsreste einzusehen: Oberer Wasserfallwinkel, das Bockkarkees und darüber der Flachgipfel des Großen Bärenkopfes (3406). Jenseits der Keilscharte beträchtliche Teile des westlichen und östlichen Bockkarkeeses oberhalb etwa 2850 m, das Bratschenkopfkees zwischen Klocknerin (3422) und Bratschenkopf (3412) und nach der Bratschenkopfscharte das große Gebiet um die Wielingerscharte, südwestlich vom Großen Wiesbachhorn.

Vom Kammgebiet zwischen Kapruner und Stubachtal sind folgende Reste der Altlandschaft erhalten: Oberes Schmiedingerkees und Maurerkees mit Umrahmung. Diese Reste werden vom „Dreikanter" des Kitzsteinhornes noch gut 200 m überragt. Nach S schließt die flachwellige Umgebung des Hocheisers (3206 m) an.

Südlich des Glocknerhauptkammes sind die Geländebefunde eindeutig: Vom Kastenkees im W beginnend, zieht ein breiter und gut erhaltener Streifen über Laperwitz-, Fruschnitz-, Teischnitz- zum Ködnitzkees. Diese hochgelegenen Firnfelder schließen alle bei etwa 3000 m nach unten mit einer Steilstufe ab. Sie werden durch gestreckte Grate (Luisengrat, Romariswand) voneinander getrennt, die sich sehr steil aus dem Firn erheben, allerdings nur bis etwa 200 m über den Firn hinaufragen. Eine kleine Verflachung ist auf dem Gramul (3271 m) erhalten. Diese Kuppe setzt sich nordwärts in Richtung Teufelskamp als scharfer Felsgrat fort, der bei etwa 3300 m in den Firn eintaucht. Seine Fortsetzung unter dem Firn muß schon ziemlich stark niedergeschliffen sein; denn sonst würde ihn der bedeckende Firn sicher schärfer nachzeichnen.

Dieses Beispiel verdient festgehalten zu werden! Unseres Erachtens liegt am Gramul ein eindeutiger Beweis vor, daß die meisten heutigen Grate höchstwahrscheinlich aus vormaligen Flachformen herausgeschnitten worden sind.

Schließlich sind in den vom Glockner nach SO bzw. NW ausgehenden Kammregionen ebenfalls einige Altlandschaftsreste erhalten: nördlich vom Schwerteck oberhalb 3100 m, am Glocknerleitl bei 3500 m und wahrscheinlich noch am Schneewinkelkopf ein schmaler Rücken bei 3450 m.

Im Osten, in der Hochtorumgebung und nördlich davon liegen die Altformen überraschend tief (z. B. der Kendlkopf 2590), um dann zum Sonnblick wieder bis 3000 m anzusteigen.

Dagegen findet sich in der Granatspitzgruppe die „Kuppenlandschaft" E. SEEFELDNERS nur wenig niedriger als im Gebiet des Obersten Pasterzenbodens: besonders die flachwelligen Altflächenreste der Hoch Fürlegg (2947) sind hier aufzuführen. E. SEEFELDNER hat noch die hohen Firne, nahe an Sonnblick (3088) und Granatspitze (3086) mit eingezogen.

Fassen wir die gemeinsamen Kennzeichen aller aufgeführten Beispiele zusammen: über einem Niveau aus breiten, flachen Firnmulden, dem „Firnfeldniveau" im eigentlichen Sinn, erheben sich flache, firnbedeckte Kuppen, die ihrerseits wieder von kleinen plateauartigen Verebnungen auf der Höhe gekrönt werden.

Alle Anzeichen sprechen dafür, daß die Altformen in der Glocknergruppe vom Gestein unabhängig sind, die Gesteine werden gekappt. Dies gilt sowohl für das Firnfeldniveau als auch für die „Kuppenverebnung". Die Verebnungen des Vorderen und Mittleren Bärenkopfes (Kalkglimmerschiefer, Granatmuskowitschiefer und Prasinit werden geschnitten) und auf dem Großen Burgstall (Kalkglimmerschiefer mit Granatmuskowitschiefer) mögen als Beispiele genügen.

Das den Firnmulden aufgesetzte, kuppige Relief macht nach M. Drofenig (1934) den Eindruck eines Mittelgebirges. Auch alle anderen Bearbeiter stimmten darin überein, daß das Glocknergebiet aus Mittelgebirgsformen hervorgegangen ist.

Schon A. Aigner (1924) hatte für dieses Mittelgebirgsrelief Entstehungsbedingungen vermutet, die mit den heutigen nicht übereinstimmen können. J. Sölch (1925) hatte bereits hochmoderne Vorstellungen: warm-feuchtes Klima sorgte für starken chemischen Zersatz. Somit waren die Flüsse trotz geringen Gefälles zu hoher Abtragungsleistung befähigt. Durch ungezählte Funde von tertiären Bodenresten, Fossilien und charakteristischen Altformen wissen wir heute, daß in unseren Breiten bis ins Jungtertiär ein Klima herrschte, das dem heutigen randtropisch-wechselfeuchten (etwa des Sudan) entspricht.

Es ist das Verdienst von J. Büdel (1957a, 1957b, 1965), die Formbildung dieser Zone aufgeklärt zu haben. Wir können hier nur die allerwichtigsten Kennzeichen dieser „randtropischen Zone exzessiver Flächenbildung" J. Büdels (1968) aufführen: kräftige chemische Verwitterung, ausgedehnte Rumpfflächen, die über die verschiedenen Gesteine und tektonischen Strukturen hinweggreifen; zuweilen erheben sich über diese Flächen markant aufgesetzte Inselberge. Der hier herrschende Mechanismus allgemeiner Abtragung blieb nicht auf die Flüsse beschränkt, sondern ergriff die Landoberfläche gleichmäßig in ihrer Gesamtheit. Diese Zone war im Tertiär mit einem solcherart wirkenden Mechanismus bis weit in die Mittelbreiten vorgeschoben und hat allerorten ihre morphologischen Zeugen hinterlassen.

Mit den grundlegenden Ergebnissen J. Büdels wurde auch dem Hochgebirgsmorphologen ein hervorragendes Rüstzeug an die Hand gegeben, das ihm gestattet, besonders den Altformenschatz unserer Hochgebirge neu zu beleuchten.

Für zwei Kernfragen zum zentralalpinen Altformenschatz steht immer noch eine befriedigende Antwort aus: 1. Welche Rolle muß der „Augensteinlandschaft" als Ausgangsform für die nächst jüngeren Formen zuerkannt werden? Sind direkte morphologische Erben dieser imaginären Augensteinlandschaft im Glocknergebiet noch erhalten? 2. Wie haben wir uns die Morphogenese der „Mittelgebirgslandschaft" („Kuppenlandschaft" E. Seefeldners) vorzustellen?

Die Diskussion dieser Probleme setzte naturgemäß in den nördlichen Kalkalpen ein, da dort an vielen Stellen die Abtragungsprodukte der Augensteinlandschaft noch erhalten sind: die berühmten Augensteine.

Die auf die „Augensteinlandschaft" folgende Reliefgeneration ist die sogenannte „Raxlandschaft" (N. Lichtenecker, 1926). Besonders A. Winkler-Hermaden (1957) faßt die Raxlandschaft als ein Produkt eines neuen Erosionszyklus auf, der aus der Augensteinlandschaft das Raxrelief formte. H. Riedl (1966) hat dagegen aus bodenkundlicher Sicht erhebliche Bedenken geäußert und nachgewiesen, daß es nicht länger zulässig ist, von einer erosiven Neugestaltung der Raxlandschaft in bezug auf die Augensteinlandschaft zu sprechen. Hauptargument H. Riedls sind Augensteinfunde auf den Kuppen der Rax. H. Louis hatte beim Kölner Geographentag 1961 bereits die Vermutung ausgesprochen, daß die Augensteinlandschaft noch heute in Resten existieren könne, nämlich unter einer Verschüttung mit Augensteinen.

Fest steht jedenfalls, daß es sich auf den ostalpinen Kalkstöcken um eine fossile, unter randtropischen Klimabedingungen gebildete Flachlandschaft handelt. Die sie

bedeckenden Augensteine sind die korrelaten Sedimente einer Abtragungsfläche der Zentralalpen.

H. P. CORNELIUS (1950), E. SEEFELDNER (1952) und andere haben in der Kuppenlandschaft der Zentralalpen das Äquivalent zur Raxlandschaft der nördlichen Kalkalpen gesehen. Diese Auffassung wird heute nirgends bestritten. Die mittleren Hohen Tauern waren seit ihrem erstmaligen Auftauchen im Alttertiär höchstwahrscheinlich immer Abtragungsgebiet. Klima und damit Morphodynamik entsprachen bis ins Jungtertiär (H. SPREITZER, 1966) den Bedingungen der Flächenbildung.

Nur mit Hilfe der flächenhaften Abtragung im Sinne der „doppelten Einebnungsfläche" J. BÜDELS (1957a, 1957b, 1965) ist eine befriedigende Erklärung dafür möglich, daß die viele Kilometer mächtige ehemalige ostalpine Überdeckung des Tauernpennins flächenhaft abgeräumt wurde und daß die endogene großtektonische Anordnung im Glocknergebiet morphologisch so wenig relevant wird (s. Kap. III).

Die Charakteristika und die Verbreitung der Altformen im Glocknergebiet wurden eingehend vorgestellt. Der auffallendste Befund sind die „Fußballfelder" auf den über das Firnfeldniveau im eigentlichen Sinn aufragenden Kuppen. Wir haben für diese Verebnungen Gesteinsunabhängigkeit und eine die tektonischen Großeinheiten übergreifende Ausdehnung nachgewiesen (vgl. auch H. P. CORNELIUS, 1950). Damit erfüllen sie unzweifelhaft die typischen Kennzeichen von Altflächen.

Welche Beziehungen haben nun diese Reste einer fossilen randtropischen Rumpffläche zur Augenstein- bzw. Raxlandschaft?

A. WINKLER-HERMADEN hat die Augensteine ins Unterhelvet gestellt. Sie enthalten, wie oben bereits erwähnt, noch kein Tauernmaterial. Die mittleren Hohen Tauern waren demnach noch von Ostalpin bedeckt. A. TOLLMANN (1968) hat hierzu jüngst Ergänzungen vorgetragen und oligozänes Alter für die Augensteine angenommen.

Wie dem auch sei, die ältesten Flächen der Hohen Tauern müssen jünger sein als diese Augensteine, die noch kein Penninmaterial enthalten. Nach J. STINY (1934) haben die ältesten Landformenreste der Glocknergruppe posttortonisches Alter. E. SEEFELDNER (1961) stellt die Kuppenlandschaft ins Sarmat, H. P. CORNELIUS (1950) datiert sie als Jüngstmiozän oder jünger.

Alle Bearbeiter des Glocknergebietes sind sich einig, daß diese der Raxlandschaft entsprechenden Flachformen aus der Augensteinlandschaft hervorgegangen sein müssen. Nach welchen Prinzipien dies erfolgt sein soll, blieb ungewiß. Selbst A. WINKLER-HERMADEN (1957), der für die Ausgestaltung der Rax aus der Augensteinlandschaft einen getrennten Zyklus erosiver Neugestaltung postulierte, hat dafür wenig überzeugende Argumente gebracht, die durch H. RIEDL (1966) entkräftet wurden (s. oben). Auch für die Erklärung der Altflächenreste aus den Kuppen des Glocknergebietes bleibt A. WINKLER-HERMADENS These äußerst problematisch. Wie soll durch einen neuen Erosionszyklus aus einer alten Rumpffläche eine jüngere entstehen? Das ist nicht – wie früher angenommen – über einen Endrumpf möglich, sondern einzig und allein durch neue Hebungsimpulse, woraufhin dann, von der Peripherie aus, eine jüngere Rumpffläche vorgreift und die ältere aufzehrt, bzw. taschenförmig (sogenannte Dreiecksbuchten) in diese ältere eingreift. Letzteres ist im Glocknergebiet für die älteren Reste kaum möglich, da die Altflächenreste sich auf den höchsten Kuppen finden. Der erste Fall ist ebenfalls sehr unwahrscheinlich: einmal hätte dieses wesentlich tiefer ansetzende Niveau viel eher Penninmaterial in den korrelaten Tertiärsedimenten liefern müssen als ein kontinuierlich flächenhaftes Tieferschalten (Denudation) der Augensteinfläche, zum anderen bliebe rätselhaft, weshalb die kalkalpinen Augensteinsedimente von dieser Aufzehrung unberührt geblieben sind.

Nach Prüfung der morphologischen und tektonischen Gesichtspunkte bleibt als wahrscheinlichste Erklärung übrig: die Altflächenreste auf den höchsten Kuppen der Glocknergruppe sind die direkten morphologischen Erben der Augensteinfläche. Nach unseren Kartierungen rechnen wir dazu die Verebnungen auf dem Johannisberg, der Hohen Riffl und jene auf den Bärenköpfen, des Vorderen und des Hinteren Bratschenkopfes. Dazu die Flächenreste nördlich des Schwerteck und der

Adlersruhe, den schmalen Riedel am Schneewinkelkopf, den Gramul südwestlich des Großglockners und das kleine Plateau des Hoch Fürlegg in der Granatspitzgruppe und andere mehr.

Die Bildung dieser Altflächen setzte im Alt- bis Mitteltertiär ein (Augensteinfläche) und reichte unter gleichbleibenden Abtragungsbedingungen zumindest bis ins Obermiozän. Hin- oder gar Beweise für eine entscheidende Unterbrechung dieser Flächenbildung sind uns hier im Abtragungsgebiet nicht bekannt geworden.

Diese Ergebnisse zeigen prinzipielle Übereinstimmung mit den Befunden H. RIEDLS (1966) im Gebiet der kalkalpinen Raxlandschaft. Im Umkreis des Großglockners läßt sich in rund 300 m unter den obigen ältesten Flächenresten eine jüngere Verebnung auskartieren. E. SEEFELDNER (1952, 1961, 1962) hat dieses tiefere Niveau nicht ausgegliedert und die „Kuppenlandschaft" geschlossen seinem kalkalpinen „Hochkönigniveau" gleichgestellt. Dies mag insofern überraschen, als dieser hervorragende Kenner der Salzburger Alpen in den Kalkhochalpen drei, jeweils etwa 300–400 m auseinanderliegende, getrennte Verebnungen ausscheiden konnte. Wir wollen keineswegs die SEEFELDNERsche Gleichsetzung der Kalk- und zentralalpinen Verebnungsniveaus noch mehr problematisieren. Immerhin zeigen die jüngeren Flächenreste, daß die Morphogenese der mittleren Hohen Tauern durchaus differenziertere und eigenständige Züge gegenüber dem Kalkalpin aufweisen kann (vgl. TH. PIPPAN, 1964).

M. DROFENIG (1934) und W. KLAKL (1935) haben unter den Kuppenverebnungen, die sie als Niveau I bezeichneten, die jüngere Fläche als eigentliches „Firnfeldniveau" Niveau II ausgegliedert. Unsere Geländebeobachtungen decken sich teilweise mit den Kartierungen von M. DROFENIK und W. KLAKL. Freilich wurde deren Unterscheidung zu starr und formal vollzogen, und keinesfalls können wir den beiden Autoren folgen, wenn sie Steilhänge, wilde Gehängegletscher und zerrissene Grate ihrem $N_{II}$ einbeziehen.

Mit Sicherheit gehören zu dieser jüngeren Reliefgeneration: Schneewinkel (etwa 2900 bis 3100 m) und Rifflwinkel (2900–3160 m) des obersten Pasterzenbodens, Wasserfallwinkel und Bockkarkees (2900–3100 m), die oberen Teile von Bärenkopf- und Hochgruberkees (Ostteil), das obere Schmiedingerkees unter dem Kitzsteinhorn, jenseits des Stubachtales die oberen Teile des Sonnblickkeeses um Granat- und Sonnblickscharte. Südlich des Glocknerhauptkammes ist dieses Niveau vorzüglich ausgebildet: Vorderes Kastenkees, Laperwitzkees, Fruschnitzkees, Teischnitzkees und Ködnitzkees.

Westlich des Hochtors hat W. KLAKL (1935) das südliche Pfandlschartenkees und das Kar südlich des Brennkogels dazugerechnet.

Diese jüngere Fläche ist eng mit der älteren Flachform verzahnt; ebenfalls ein typisches Kennzeichen für Altflächen. Damit hat auch die vielerwähnte Mittelgebirgslandschaft eine befriedigende Erklärung gefunden; denn in allen untersuchten Mittelgebirgen Europas hat sich gezeigt, daß ein Mittelgebirge nicht als solches, gewissermaßen in einem Zuge, entstehen kann. Vielmehr sind unsere Mittelgebirge das Ergebnis verschiedener Reliefgenerationen. Meist werden sie in der Höhe von Altflächen verschiedenen Alters gekrönt, die zusammen eine sogenannte Rumpftreppe bilden. Im morphologisch scharfen Gegensatz wurden in diese die pleistozänen Talgenerationen eingeschnitten.

Die SEEFELDNERsche „Kuppenlandschaft" kann also eine wohlbegründete Gliederung in eine ältere (Kuppenverebnung) und jüngere („Firnfeldniveau" im eigentlichen Sinne) Reliefgeneration erfahren. Die Verebnungsreste auf den Kuppen des Glocknergebietes sind fast alle mit einem dünnen Firn bedeckt. Wir fanden nirgends Anzeichen, daß dieser Firn für die Abtragung eine merkliche Rolle spielt (außer an den Rändern). Wie eine Glasur überdeckt er die flachen Hauben und schützt die Oberfläche darunter vor Zerstörung; denn zweifellos wären die Altflächenreste ohne Firnüberdeckung einer kräftigen Frostverwitterung ausgesetzt. Alleine der Wind würde dann wohl eine stärkere Abtragungsleistung vollbringen als der heutige Firnüberzug. Diese Beobachtungen stimmen ganz mit den Ergebnissen der Deutschen Stauferland Expedition in SE-Spitzbergen überein. A. WIRTHMANN (1964) hat dort auf der Edge-Insel nachgewiesen, daß sich selbst unter Inlandeisbedeckung tertiäre Rumpfflächen erhalten haben. Auch die

heute weitverbreiteten sogenannten „Eishautgletscher" vollbringen auf solchen Rumpfflächenresten (wie sie besonders in Neu-Friesland und Teilen der Barents- und Edge-Insel in O-Spitzbergen verbreitet sind) keine nennenswerte Abtragung (J. BÜDEL, 1965). Voraussetzung dazu ist, daß der Untergrund 2–3° Neigung nicht überschreitet. Somit haben die Verebnungen auf den Kuppen höchstwahrscheinlich von allen älteren Großformen der Glocknergruppe die geringste nachträgliche Überarbeitung und Erniedrigung erfahren. Der gesamte darunter liegende Formenschatz unterlag dagegen einer deutlichen Überformung.

Das Firnfeldniveau im eigentlichen Sinn ist in seinem heutigen Erscheinungsbild das Ergebnis eines glazial überprägten Altreliefs. Das Ausmaß dieser glazialen Überformung ist immer noch unsicher. E. RICHTER (1900) hat es viel zu hoch angesetzt und den Firn bzw. das Eis für die Bildung ausgedehnter Karflächen verantwortlich gemacht. E. FELS (1929) hat die glaziale Ausformung für die Kare des Karwendels fast ganz ausgeschlossen. Ohne Zweifel erfährt der Untergrund auch in sehr flachen Karen und Firnmulden eine Überschleifung. Dies beweisen die eisfrei gewordenen Kare. Ebenso trägt die Eisarbeit am Bergschrund zu einer seitlichen Ausweitung der Kare bei und hält die Karwände steil; dabei hilft kräftige Hangverwitterung oberhalb der Schwarzweißgrenze mit.

Großglockner (3798 m), Großes Wiesbachhorn (3570 m) und Kitzsteinhorn (3202 m) überragen die Flachlandschaft um einige hundert Meter und „passen schlecht in sie hinein" (N. KREBS, 1948).

Diese markanten Gipfelpyramiden wurden bisher – wenn überhaupt – als Härtlinge erklärt. Dies mag beim Großglockner, den harter Prasinit aufbaut, noch verständlich sein, ähnlich beim Brennkogel (vgl. H. KLIMPT, 1941). Großes Wiesbach- und Kitzsteinhorn bestehen dagegen aus den gleichen Gesteinen wie ihre darunterliegende Umgebung: Kalkglimmerschiefer. Auch der Einwand, daß dieses Gestein in seiner Härte variieren kann, gilt hier nicht. Der Aufstieg zum Kitzsteinhorn über den westschauenden Grat ist deshalb nicht ganz einfach, weil der Kalkglimmerschiefer „bratschig" und mürbe verwittert, also keinerlei Anzeichen für besondere Härte zeigt.

Andererseits gibt es innerhalb des Flachreliefs viele Stellen, wo harte Gesteine anstehen ohne sich morphologisch zu äußern.

Es überrascht, daß allseits die Altflächen und auch ihre Entstehungsbedingungen anerkannt wurden, daß es aber nicht möglich war, diese steil aufragenden Gipfel in den Rahmen der Flachreliefgenese mit einzubeziehen.

Nach unseren eigenen Geländebeobachtungen bleibt nur eine Interpretation als die wahrscheinlichste übrig: Diese hohen Gipfelpyramiden sind fossile Inselberge bzw. Inselgebirge. Sie sind im Zuge der tertiären Flächenbildung entstanden, höchstwahrscheinlich schon zur Zeit der Augensteinlandschaft.

Im Gegensatz zum Flachrelief haben diese Inselberge seitdem eine starke morphologische Umformung erfahren, namentlich während des Pleistozän. Die Frostverwitterung und das Eis nagen auch heute noch an ihren steilen Flanken.

Besonders die Altflächen erfuhren nach ihrer Ausbildung beträchtliche Verbiegungen als Folge jüngerer Aufwölbung. Deren Zentrum lag entlang des Glockner-Hauptkammes und war dabei im Gebiet des Großglockners wiederum am stärksten. So liegen hier die Altflächenreste beispielsweise etwa 400 m höher als im Granatspitzgebiet und gar rund 800 m über den entsprechenden Altformen im Gebiet der Edelweißspitze.

## 2. Das Flachkarniveau

Durchschnittlich 300–400 m unter dem Firnfeldniveau im eigentlichen Sinn folgt als dritte Reliefgeneration ein in vielen Resten erhaltenes Niveau. Es ist das sogenannte „Flachkarniveau" E. SEEFELDNERS bzw. TH. PIPPANS in den nördlichen Tauerntälern. Dort wird dieses Niveau vorwiegend von den sogenannten Flachkaren gebildet, eine Bezeichnung, die H. KLIMPT (1941) in der Sonnblickgruppe aufstellte (s. oben). Die

Typlokalität KLIMPTS ist das obere Seidlwinkeltal unterhalb des Hochtors. Nach H. KLIMPT sind die Flachkare breite, sanft geneigte, heute oft firnleere Kare. Wie bei den Altflächen kappen diese Verebnungen ebenfalls den geologischen Untergrund. Die Umrahmung der Flachkare ist steil. Das „Flachkarniveau" wird vom „Firnfeldniveau" durch ein meist gestuftes Steilrelief getrennt. Dieses Steilrelief läßt trotz glazialer Überformung auch heute noch seinen ehemaligen Charakter eines tropischen Gebirgsreliefs (J. BÜDEL, 1965) erkennen.

Das ‚Flachkarniveau' der Glocknergruppe deckt sich teilweise mit dem sogenannten N III von M. DREFENING (1934) und W. KLAKL (1935). I. SÖLCH (1933) hat es in der südlichen Glocknerabdachung mit $F_2$ gekennzeichnet. Da die Bezeichnung ‚Flachkarniveau' heute die gebräuchlichste ist, wollen wir sie ebenfalls übernehmen. Dabei muß aber ausdrücklich betont werden, daß dieses Niveau nicht immer nur von Flachkaren gebildet wird. Es treten Karplatten, Durchgangskare, flache Hangstücke und besonders im Süden auch Eckfluren hinzu. Auch die Flachkare selbst wurden nicht immer einheitlich angesprochen (vgl. Diskussion TH. PIPPAN, 1962, 1964 – E. SEEFELDNER, 1964a, 1964b). Dies mag darin liegen, daß sie H. KLIMPT (1941) nicht sorgfältig genug definierte, in der Meinung, daß sie jeder Hochgebirgsbesucher ohnehin kenne. Ein Hauptmerkmal der Flachkare ist noch das in sie eingesenkte Hochtal-System, bzw. seine Ausläufer. Dieser Sachverhalt ist bei der Fahrt vom Fuscher- zum Hochtor im oberen Seidlwinkeltal gut zu beobachten. Die Flachkare haben sich zweifellos im Pleistozän durch die Arbeit am Bergschrund nach der Seite ausgedehnt (H. KLIMPT, 1941), nach N. KREBS (1948) ist sogar ihr Oberrand „bergwärts" gewandert.

Zweifellos ist dieses System einer alten Landoberfläche glazial beträchtlich überprägt worden, besonders natürlich an seinen Rändern. Das „Bergwärtswandern" der Flachkare (= Großkare S. MORAWETZ, 1930) zeigt sich so besonders in einem taschenartigen Hineingreifen in die älteren Flächen. Dies mag H. KLIMPT (1941) bestärkt haben, in den Flachkaren umgestaltete ehemalige Mulden der Raxlandschaft zu sehen, die mit den älteren Flächenresten eine genetische Einheit bilden. E. SEEFELDNER (1952) und N. KREBS (1948) haben dagegen – zu Recht – erhebliche Bedenken vorgebracht. Nach dem heutigen Forschungsstand müssen wir KLIMPTS Erklärung ablehnen. Überall – und er selbst hat dies deutlich hervorgehoben – schließt das Flachkarniveau nach oben mit einem Steilrelief ab, meist in Form einer mehreren hundert Meter hohen Stufe, die in sich durch harte Gesteinsbänke wieder getreppt sein kann. Dieser Sachverhalt hat uns bewogen, den steilen Übergang vom ‚Flachkarniveau' zum ‚Firnfeldniveau' im eigentlichen Sinne als fossiles tropisches Gebirgsrelief, das an die Rumpfstufen zwischen zwei Verebnungsflächen gebunden ist, anzusprechen. Sehr steile und enge, gestufte Kerben sind für diesen Rumpfstufenbereich nach J. BÜDEL (1965) charakteristisch. Es ist möglich, daß bei der Anlage des folgenden Verebnungssystems der Flachkare dieses zuweilen an solchen Kerben bei seiner Ausdehnung ansetzt. Dies ist aber ein prinzipieller Unterschied zu H. KLIMPTS Interpretation.

Erwähnen wir abschließend einige typische Beispiele. In der Glocknergruppe liegen die Reste dieser drittältesten Reliefgeneration heute in Höhenlagen zwischen 2300 und 2600 m (im Inneren), in den weichen Gesteinen der Matreier Zone ist dieses Niveau etwas stärker denudiert. Markante morphologische Zeugen sind im Stubachtal unter anderem: die überschliffene Rundhöckerflur in den Kalser Tauern, der untere Boden des Sonnblickkees, die breiten Terrassen um den Schafferkogel (vgl. H. SLUPETZKY, 1968), die Verebnungen am Hohen Sand und das obere Reichenbergkar; im Kapruner Tal: der obere Karlingerboden, Eiser- und Grießkogelflachkar westlich oberhalb des Mooserbodens und das Flachrelief unterhalb des kleinen Schmiedingers; im Fuscher Tal sind nur wenig Reste erhalten: auf der westlichen Talseite konnten wir keinen einwandfreien Geländebeleg für das Flachkarniveau ausmachen (E. SEEFELDNER, 1961, beschreibt dagegen Reste im Untergrund der Gehängegletscher zwischen 2400 und 2800 m), östlich der Fuscher Ache sind die beiden Piffkare, das Piffküh- und das Piff-Galtvieh-Kar anzuführen. Den locus typicus im oberen Seidlwinkl haben wir bereits eingehend vorgestellt. Südlich des Hochtors sind zu erwähnen: Granten und Viehbühel, Obere Tröger-

alm. Im unteren Wasserfallwinkel (um Pt. 2654) könnte es sich ebenfalls um einen Rest dieses Niveaus handeln, der allerdings vom Hochtrog der Pasterze bereits weitgehend aufgezehrt wurde. Südlich des Glocknerhauptkammes seien erwähnt: das Gebiet zwischen Schwertboden, Salmhütte und Salmhöhe im Leitertal, die Umrahmung des Glatzbaches zwischen Glatzberg, Berger Törl, Hoher Bühel und Schinal; im Ködnitztal: das Flachkar der Tschadin Alm sowie der flache Riedel um Pohles Höhe und Grei Bühel nördlich des Ködnitzbaches; im Teischnitztal das große Kar um die Grauen Böden, die Kammflur der Tschengköpfe (Folledischnitz 2445 m), wahrscheinlich auch die Eckflur des Bretterboden. Im Dorfer Tal setzen sich die erwähnten Verebnungsreste unmittelbar aus dem Stubachtal über den Kalser Tauern fort: Malefußleiten am Sandriegel, beim Spinevitrol (2483 m) und andere mehr.

Allen Resten des Flachkarsystems ist eine vom Gestein unabhängige Verbreitung gemeinsam. Genauso das vereinzelte Hinweggreifen über die Wasserscheiden, ein wichtiges Erkennungsmerkmal für fossile Flächen unserer Breiten.

## V. Die Talgenerationen

### 1. Das Hochtalsystem

Unter dem ‚Flachkarniveau' folgt als viertälteste und bedeutende Reliefgeneration das sogenannte Hochtalsystem (H. CREUTZBURG, 1921). Es ist in der Glocknergruppe 200–400 m in das ‚Flachkarniveau' eingesenkt. In seinem obersten Teil liegt es heute als mehr oder minder stark übertiefter Hochtrog vor. Das bekannteste Beispiel für einen solchen Hochtrog ist der Pasterzentrog (J. STINY, 1934; H. PASCHINGER, 1965). Nach unten schließt der Hochtrog mit dem Haupttrogschluß zum eigentlichen Taltrog ab. Talauswärts, am Haupttrogschluß ansetzend, lassen sich die Reste des Hochtalsystems als terrassenartige Verflachungen, Hangleisten usw. meist gut verfolgen. Sie sind glazial überformt und treten häufig als Trogschultern auf.

Die Hochtalkare sind nach H. KLIMPT (1941) aus seitlichen fluviatilen Ausläufern des Hochtales durch glaziale Umgestaltung entstanden. Sie sind schmäler und steiler als die Flachkare und greifen fingerförmig in das Flachkarniveau ein.

Ein ganz grober Anhaltspunkt zum Auffinden von Hochtalresten ist in der Glocknergruppe die Waldgrenze. Dies ist weniger in klimatischen oder vegationsgeographischen Faktoren begründet, sondern hat in erster Linie agrargeographische Ursachen: dort, wo die steilen Trogwände von den sanft geneigten Hochtalresten bzw. Trogschultern abgelöst werden, sind vorzügliche Standorte für Almen. Die Waldgrenze ist also meist künstlich herabgedrückt (vgl. den Beitrag von H. BÖHM, 1969, S. 143ff. in diesem Band).

Gegenüber den älteren Reliefgenerationen ist das Hochtalsystem zur Gänze an die Tauerntäler gebunden. Nirgends greift es über Wasserscheiden hinweg. Dies hat auch uns bewogen, es zu den Talgenerationen zu stellen (zusammen mit N. CREUTZBURG, 1921; H. KLIMPT, 1941; TH. PIPPAN, 1962 u. a.), im Gegensatz zu E. SEEFELDNER (1961), der das Hochtalsystem der Salzburger Zentralalpen mit seinem kalkalpinen „Gotzenniveau" verbindet und es noch zu den „Verebnungen" rechnet.

Als Beispiele seien angeführt: Im Dorfer Tal (vgl. I. SÖLCH, 1933; W. KLAKL, 1935) der schutterfüllte Hochtrog nördlich des Dorfer Sees. Seine Trogwände sind durch das südwestliche Einfallen des Zentralgneises stark gegliedert. Talauswärts halten sich die Hochtalreste in Höhen zwischen rund 1950 und 2050 m und liegen in unmittelbarer Nähe der Waldgrenze. Über dem Kalser Tauernhaus zieht die Hochtalleiste in 2050 m talauswärts und verbindet sich gleichsohlig mit der Stufe des Stotzbaches, ähnlich am Laperwitzbach auf der gegenüberliegenden Talseite. Weitere Hochtalreste liegen oberhalb der Rumesoieben-Alm in 2000 m und sind über der Dabaklamm in 1950 m angedeutet.

Im Teischnitztale gehört zum Hochtalsystem der gewaltige Hochtaltrog der Teischnitzebene bis hinauf zum Grauen Kees, im Ködnitztal das stark verschüttete Hochtal

oberhalb des Lucknerhauses. Der Trogschluß ist hier stark gestuft. Ob die Stufe bei etwa 2500 m zum Haupttrog gehört, wie es I. SÖLCH (1933) vermutete, ist fraglich, da im oberen Ködnitztale keine weiteren Hochtalreste erhalten sind. Erst bei den Grei Wiesen, oberhalb vom Groder, treten sie in 2100 m wieder auf. Alle Verflachungen im Raume Kals sind mit großer Vorsicht zu betrachten, da es in den morphologisch weicheren Gesteinen der Matreier Zone zu überdurchschnittlicher Erniedrigung gekommen ist, was leicht zu falschen Zuordnungen führen kann. Mit Vorbehalt können die schönen Riedelflächen rund um Kals einberechnet werden, sie liegen alle um 1950 m.

Sehr ausgeprägt findet sich das Hochtalsystem im oberen Mölltal und seinen Nebentälern. Das heute noch vom Gletscher erfüllte Hochtal der Pasterze wurde bereits erwähnt. Es ist von der Margaritze aus unschwer talauswärts weiter zu verfolgen, zum Beispiel am Kasereck und am Tauernberg (J. STINY, 1934). Aus den Nebentälern seien erwähnt: Naßfeld, Rauher Bichl und Glatzeben im Leitertal und der schmale Hochtrog des Guttal.

Im oberen Seidlwinkeltal können die Ergebnisse von H. KLIMPT (1941) vorbehaltlos übernommen werden. Schöne Reste des Hochtalsystems liegen bei der Tüchlalm. Am Labboden läßt sich sehr gut studieren, wie das Hochtalsystem in das Flachkarniveau eingreift.

Im Fuschertal treten Hochtalreste oberhalb von Ferleiten in 2000–2100 m als Trogschultern auf, die von der Glocknerstraße gut einzusehen sind. Am Talausgang hat E. SEEFELDNER (1961) das Hochtalsystem bei 1800 m festgestellt. Aus dem Kapruner Tale liegen intensive Untersuchungen von TH. PIPPAN (1952) und E. SEEFELDNER (1961, 1964) vor. Trotz unterschiedlicher Auffassungen dieser Autoren liegen viele Übereinstimmungen vor. Weshalb TH. PIPPAN das Hochtalsystem nur vom Mooserbodenriegel talauswärts zu finden glaubt, ist uns rätselhaft. Gerade der Mooserboden ist ein schönes Beispiel für einen Hochtaltrog, der sich in seinem Formcharakter in keiner Weise von den bereits erwähnten unterscheidet. Natürlich ist er stark erniedrigt und übertieft. Zweifellos hat dabei die Konfluenzwirkung der ehemals vereinigten Gletscher der Mooserbodenumrahmung eine hervorragende Rolle gespielt. Allein als Konfluenzbecken kann der Mooserboden auf keinen Fall erklärt werden; denn die Wintergasse ist die unmittelbare Fortsetzung des Hochtaltroges. Sie greift, für das Hochtalsystem kennzeichnend, fingerförmig in das Flachkarniveau des Eiserkeeses und des Karlingerbodens ein und kann keinesfalls mit glazialer Konfluenz erklärt werden.

Das ehemalige Hochtal muß am Mooserboden auf jeden Fall höher als der heutige Riegel der Höhenburg (2112 m) gelegen haben. Ob der stark überprägte Hangknick westlich über dem Mooserboden in rund 2300 m Höhe das Hochtal repräsentiert (E. SEEFELDNER, 1964) bleibt unsicher. Zu Recht haben dagegen die obigen Autoren talauswärts das Bauernkarl-Hochkar und das Zeferet-Kar aufgeführt, zweifellos typische Vertreter des Hochtalsystems.

Starke Differenzen beim Einordnen des Hochtalsystems bestehen zwischen E. SEEFELDNER und TH. PIPPAN im Stubachtal. TH. PIPPAN setzt oberhalb des Enzinger-Bodens den Hochtalboden einige hundert Meter höher an als M. DROFENIG (1934), E. SEEFELDNER (1961, 1964) und H. SLUPETZKY (1968). Sie begründet dies mit einer stärkeren Aufwölbung des Zentralgneises der Granatspitzgruppe. Dafür konnten wir keinen stichhaltigen Beweis finden. Allein die Befunde im unmittelbar benachbarten Dorfer Tale reichen aus, die Vorstellungen PIPPANS zu erschüttern: Das obere Dorfer Tal liegt ebenfalls im Zentralgneis. Wir haben dort das Hochtalsystem einwandfrei als knicklos talaus ziehende Trogschulter verfolgen können und den übertieften Hochtalboden oberhalb des Dorfer Sees als typischen Hochtaltrog vorgestellt, der bis 2350 m hinaufzieht. Am Kalser Tauern berühren sich Dorfer und Stubachtal. Im oberen Stubachtal liegen die Hochtalreste TH. PIPPANS rund 600 m höher als unmittelbar südlich davon. Als einzige Erklärung blieben eine Bruchtektonik mit entsprechender Sprunghöhe oder eine gewaltige Verbiegung auf engstem Raum. Beide sind nicht vorhanden. Auch die Geländebefunde selbst sprechen im Stubachtal gegen ein Höherliegen. Übertiefte Hochtalträge sehen wir, zusammen mit E. SEEFELDNER und H. SLUPETZKY im Weißsee (Sohle in

etwa 2170 m) und im Tauernmoos. Von dort aus zieht der Hochtrog über den Eisboden unter die Ödenwinkelzunge. Nordwärts vom Tauernmoos setzt er sich über die Kühtauern und Punkt 2109 talauswärts fort. M. DROFENIG (1934) wollte aus dem Ansteigen um gut 100 m am Kühtauern gleich eine Verbiegung ableiten. Dies ist sowohl unnötig als auch falsch. Dieser sanfte Anstieg ist mit stärkerer Übertiefung im Tauernmoos begründet, außerdem dürfte die Tauernmoos-Anzapfung dieses geringe Gegengefälle noch nachträglich verstärkt haben. Gegenüber dem Weißsee ist das Tauernmoos als morphologisches Erbe des Hochtalbodens rund 200 m stärker erniedrigt. Dies bewirkten nicht die immer noch gewaltigen Eismassen im Ödenwinkel allein, sondern höchstwahrscheinlich hat fluviatile Erosion dabei mitgeholfen.

Allen Resten des Hochtalsystems ist gemeinsam, daß sie ohne Knick und spürbare Verstellungen talauswärts ziehen. Etwaige Unregelmäßigkeiten in der Höhenlage lassen sich durch verschieden intensive glaziale Erniedrigung bzw. Denudation (Hochrelief-Influenz J. BÜDELS) erklären. Überall, wo ein Hochtrog erhalten ist, setzen sich die talauswärts folgenden Hochtalreste nicht unmittelbar, sondern etwas höher ansetzend, fort. Dies ist mit stärkerem glazialen Ausschurf zu erklären, der durch fluviatile Erosion vorbereitet wurde.

E. SEEFELDNER (1961) hat das Hochtalsystem als Altpannon datiert. Er verbindet das Hochtalsystem der Tauern mit seinem kalkalpinen „Gotzenniveau". Auf die Fragwürdigkeit dieser Methode haben wir oben schon hingewiesen, wir können dieses Problem in diesem Rahmen nicht ausdiskutieren. Immerhin ist uns nicht bekannt geworden, daß E. SEEFELDNER die Ergebnisse H. GRAULS (1937), die doch so im Widerspruch zu seinem System stehen, ausführlich diskutiert hätte. TH. PIPPAN hat für das Hochtalsystem der Glocknergruppe pliozänes Alter angegeben. Eine detailliertere Zuordnung möchten auch wir nicht treffen, da direkte Beweise im Glocknergebiet nicht mehr zu finden sind. A. WINKLER-HERMADEN hat in der Diskussion zum Vortrag J. BÜDELS beim Würzburger Geographentag 1957 auf starke Zerschneidung in den Alpen während des Jungtertiärs und auf subtropisch-mediterranes Klima bis ans Quartär hingewiesen. Dies läßt auf eine Morphodynamik schließen, wie wir sie heute in der „subtropischen Zone gemischter Reliefbildung" (J. BÜDEL, 1968) vorfinden. Soweit die erhaltenen Hochtalreste und deren Verbreitung eine Rekonstruktion des ursprünglichen Hochtalsystems und seiner typischen Merkmale zulassen, hat es weitgehend diesen Bedingungen entsprochen. Besonders in den Tälern der nördlichen Glocknergruppe nimmt die lichte Weite der Hochtalreste talauswärts zu, wie dies H. KLIMPT (1941) in der Sonnblickgruppe beschrieb. So ist talauswärts das Flachkarniveau mehr und mehr vom Hochtalsystem aufgezehrt worden. Dort erinnert das Hochtalsystem durchaus an die sogenannten „Dreiecksbuchten" aktiver tropischer Rumpfflächen (J. BÜDEL, 1957, 1965). Der meist das Hochtalsystem zum Gebirgsinneren abschließende Hochtrog gehört jedoch dem Bereich der Rumpfflächenbildung nicht mehr an, allenfalls den schmalen Ausläufern, die sich an Dreiecksbuchten manchmal bergeinwärts anschließen. Die Hochtröge sind trotz starker glazialer Ausformung, vor allem Weitung, immer noch so eng (z. B. im Dorfertal, Teischnitzhochtrog usw.), daß für sie eine fluviatile Erstanlage angenommen werden muß. Dies trifft auch für die seitlichen Ausläufer des Hochtalsystems zu (heutige Hochtalkare). Könnte ihr unterer Teil an einstige kleine Ausstülpungen der „Hochtal-Fläche" erinnern, so werden sie aufwärts sehr steil und gestuft und ziehen oft mehrere hundert Meter hangaufwärts. Auch diese steilen, gestuften Nebentäler sind sowohl im „tropischen Gebirgsrelief" wie im heutigen Mediterrangebiet stark verbreitet und für das dortige Klima typisch. Es ist nicht auszuschließen, daß das Hochtalsystem an seinen Rändern im Oberpliozän (?) eine pedimentartige Überformung erfuhr. Beweise lassen sich in der Glocknergruppe dafür nicht erbringen. Sedimente sind längst abgetragen, die Restformen für eine morphologische Beweisführung zu stark überprägt, als daß man zwingend auf ihr ursprüngliches Aussehen schließen könnte.

## 2. Die jüngeren Talgenerationen

Unter dem Hochtalsystem lassen sich in den Tälern der Glocknergruppe noch mehrere jüngere Talgenerationen ausscheiden. Alle Tauerntäler setzen sich aus ineinandergeschachtelten Taltrögen zusammen. Dies zeichnet sich besonders im Längsprofil durch Stufen aus. Im Querprofil finden wir die einzelnen Talsysteme heute als übereinanderliegende Terrassen oder Hangleisten. Dabei zeigt heute jedes Tal – im Rahmen eines weitgehend einheitlichen Gesamtbauplanes aller Täler in der Glocknergruppe – deutlich „individuelle" morphologische Züge.

Die meisten Parallelen finden wir zwischen Stubach- und Kapruner Tal, wo jeweils der Stufenbau musterhaft ausgeprägt ist und die natürlichen Voraussetzungen für die bedeutende Energiegewinnung bildet. Auch sind diese beiden Täler am besten erforscht. TH. PIPPAN (1952, 1957) hat ausführliche Monographien vorgelegt, und auch E. SEEFELDNER (1952, 1961, 1962, 1964) hat sich wiederholt mit diesen beiden Tälern beschäftigt. Im Rahmen ihrer morphologischen Untersuchungen haben M. DROFENIG (1934) in der nördlichen und W. KLAKL (1935) in der südlichen Glocknergruppe die Täler besonders berücksichtigt. Im Süden hat außerdem I. SÖLCH (1933) wertvolle morphologische Hinweise geliefert. Das Möllgebiet wurde von A. SCHMUCK (1932) und H. KLIMPT (1941) mit untersucht.

Obwohl alle Beiträge auf Geländebeobachtungen beruhen, sind die Ergebnisse zum Teil sehr unterschiedlich, auch dort, wo es sich um dasselbe Untersuchungsgebiet handelt. Dies ist ein Beweis für die Schwierigkeiten, die dem Morphologen in den Tauerntälern entgegentreten.

Terrassen, Hangverflachungen und -leisten, Eckfluren und Riedel sind allerorten reichlich vorhanden. Alle haben eine deutliche Überformung erfahren. Dabei haben fluviatile, denudative und glaziale Prozesse zusammengewirkt, deren Wirkungsweise rekonstruiert werden muß und deren qualitative und quantitative Abtragungsleistungen abzuschätzen sind. Ein schwieriges Feld, wenn wir bedenken, daß die Verschiedenartigkeit der Gesteine, deren Lagerung und räumliche Verteilung auch eine verschiedene Erhaltung der Restformen bedingen. Schließlich muß jeweils auf eventuelle tektonische Verstellungen geachtet und ihre etwaigen Auswirkungen geprüft werden. Auch ist es dort, wo ein Moränen- oder Schuttschleier Niveaureste bedeckt, zuweilen sehr schwierig zu entscheiden, ob eine Erosions- (allein um diese geht es) oder Denudationsterrasse vorliegt. Außerdem müssen wir mit Gletscherrandterrassen und Schliffkehlen in verschiedener Höhenlage rechnen.

Ganz ähnliche Schwierigkeiten bereiten die Stufen und Riegel im Tallängsprofil. Sie können entstehen: aus den Endpunkten rückschreitender Erosion, durch glaziale Konfluenz (seltener durch glaziale Diffluenz), an harten Gesteinsbänken und durch Lokaltektonik.

So nimmt es nicht wunder, daß gerade bei der Rekonstruktion der einzelnen Talgenerationen die Ergebnisse der verschiedenen Forscher so stark divergieren. Während in unvergletscherten Gebieten datierbare Sedimente und typische morphologische Merkmale die Zusammengehörigkeit einzelner Terrassensysteme sicher ausweisen und dort das Kartieren relativ leicht machen, fehlen hier im Hochgebirge derartige Kriterien. E. SEEFELDNER (1961) gibt für seine verschiedenen Niveaus typische Merkmale an. Dies liest sich zwar sehr schön, trifft aber keinesfalls überall zu. Es ist richtig, daß seine älteren Systeme vorwiegend aus Eckfluren bzw. Riedeln bestehen. Aber namentlich die jüngeren Talsystem-Reste unterlagen einer derartig starken glazialen Überformung und waren vom Anfang an kleinräumig, so daß ihre heutige Form keineswegs einheitlich ist.

Nach unseren eigenen Geländestudien in der Glocknergruppe und ihrer Nachbarschaft wollen wir uns hier eine kurze kritische Betrachtung erlauben und einige neue Ergebnisse ergänzend vortragen. Es ist in diesem Rahmen unmöglich, alle Täler mit all ihren Niveaus auch nur annähernd vorzustellen. So müssen wir uns bei den Talgenerationen noch mehr als bisher auf wenige typische Beispiele beschränken.

Für die Genese der nördlichen Tauerntäler hat E. SEEFELDNER zweifellos eine beeindruckende Erklärung gegeben: Alle Tauerntäler zeigen ineinander- und hintereinander-

geschachtelte Talgenerationen. Jeweils mit neuer Aufwölbung schnitt sich eine neue Talgeneration zurück. In den „Stillstandsphasen" erfolgte Seitenerosion. Dieser gesamte Vorgang wiederholt sich mehrmals, und dementsprechend finden wir heute die verschieden alten Niveaus. So kommt E. SEEFELDNER (1961, 1964) auf seine Niveaus I bis IV, im Kapruner Tal hat er zuletzt noch ein fünftes gefunden (E. SEEFELDNER, 1964). Die Stufen bzw. Riegel sind aus den Endpunkten der rückschreitenden Erosion hervorgegangen. Wo nicht jedes Talniveau mit einer eigenen Stufe abschließt, hat eine Stufe mehrere Talköpfe gesammelt. Beispiele: Wasserfallstufe Niveau II bis IV, Talschluß im Ferleitental Niveau I bis III. Dann ist die Stufe auch besonders hoch. Das Alter von SEEFELDNERS Talniveaus reicht vom mittleren Pannon (Niveau I) bis Levantin (Niveau IV bzw. V). Ein pleistozänes Talniveau hat er in der Glocknergruppe nicht feststellen können.

Dagegen haben wir starke Bedenken. In ganz Mitteleuropa kam es im Pleistozän, vorwiegend in den Interglazialen, zu starker Erosion. Und dies war allein in den Klimaverhältnissen begründet. In den Tauern, wo die Hebung durch das gesamte Pleistozän höchstwahrscheinlich bis heute andauert (G. FRASL und W. FRANK, 1966), soll eine pleistozäne Talgeneration nach SEEFELDNER fehlen.

Demgegenüber hat schon TH. PIPPAN (1952, 1957) die drei jüngsten Talgenerationen den entsprechenden Interglazialen zugeordnet, was wir unterstützen möchten.

Überhaupt ist es das Verdienst TH. PIPPANS, daß sie versuchte, die pleistozäne Erosion in den Tauerntälern aufzuzeigen. Besonders an den Riegelbergen ist die interglaziale Erosion gut abzulesen. So ist nach TH. PIPPAN (1952) beiderseits der Höhenburg an der Mooserbodenstufe der Wechsel von glazialer und fluviatiler Erosion gut zu studieren, ähnlich beim Grünsee im Stubachtal (TH. PIPPAN, 1957). Ergänzend können wir noch das oberste Mölltal unmittelbar unterhalb der Margaritze und die Dabaklamm im Dorfer Tale anführen, wo ganz entsprechende Formen vorliegen. Insgesamt kommt TH. PIPPAN im Stubach- und Kapruner Tal zu jeweils fünf Talgenerationen unterhalb vom Hochtalsystem: ein pliozänes, ein „präglaziales" (gemeint ist wohl unmittelbar vor der ersten Kaltzeit) und drei interglaziale Talgenerationen. Die Ineinanderschachtelung der Talböden entspricht dem Wechsel von Glazial und Interglazial. In der Annahme einer „etappenweisen Hebung mit wachsender Phase" (H. SPREITZER, 1951, 1966) stimmt TH. PIPPAN mit E. SEEFELDNER prinzipiell überein. Auch sieht sie den Stufenbau in zurückwandernden Gefällssteilen begründet. Ein wesentlicher Unterschied zu SEEFELDNER besteht darin, daß die Talböden TH. PIPPANS die Stufen nachzeichnen und die Längstreppung widerspiegeln, während die Niveaus E. SEEFELDNERS an den Stufen ansetzen und knicklos talauswärts ziehen. Der sogenannte präglaziale Talboden TH. PIPPANS war also bereits stark gestuft. In der ersten Kaltzeit wurden diese Stufen vom Gletscher verstärkt (s. unten), und nun wurden diese Stufen die Erosionsbasis für die dahinterliegenden ebenen Talstrecken. Von diesen Hauptstufen wurden die interglazialen Talgenerationen zurückgeschnitten. Dieser Vorstellung zu folgen, fällt uns schwer. Wie soll dieses gestufte Längsprofil entstanden sein? Dafür, daß die Stufen an harte, querende Gesteinsbänke gebunden sind oder durch lokale Hebung verursacht wurden, fehlen uns stichhaltige Beweise. Sollte die Stufung aber mit der etappenweisen Aufwölbung zusammenhängen, so wäre es nicht eine präglaziale Talgeneration, sondern mehrere, der nächst tiefer gelegene Abschnitt jeweils eine jüngere darstellend. Die Frage nach den dazugehörigen Terrassen hält nicht ganz stand; denn bei relativ rasch aufeinanderfolgenden Hebungen wäre kaum Zeit zur fluviatilen Seitenerosion gewesen. Vielmehr wäre die Ausweitung der einzelnen Kerbtalstrecken vorwiegend glazial erfolgt. Als dritte Möglichkeit hätten wir uns ein gestuftes präglaziales Tal vorzustellen, das noch unter randtropischen Bedingungen entstanden ist, und wo die Ausweitung der hintereinander liegenden Kerbtalstrecken durch intensive chemische Verwitterung erfolgt wäre, eine Möglichkeit, auf die J. P. BAKKER (1965) hinwies.

Diese kurze Diskussion sollte die ganze Problematik der Morphogenese der Täler in der Glocknergruppe demonstrieren. Allen näher interessierten Lesern sei die oben angeführte Literatur empfohlen, wo auch jeweils genügend Beispiele aufgeführt sind. Wir wollen uns hier abschließend mit einigen wenigen Vorkommen dieser Talbodenreste be-

gnügen, die vielfach höhere und tiefere Absätze jener Formengruppe darstellen, die man im großen Überblick als Trogschultern zusammenfaßt. Im Stubachtal ist das älteste flache Talsystem unterhalb des Hochtalbodens besonders schön an den Wiegenköpfen zu sehen und zieht von dort aus, allmählich auf etwa 1650 m abfallend talauswärts, wo es mit seinen Resten an die entsprechenden Elemente des Salzachtales anschließt und in seinem Gefälle zunimmt (E. SEEFELDNER, 1962). Wie in den benachbarten Tälern der nördlichen Glocknergruppe sind unter diesem Talsystem reichlich Reste der jüngeren Talböden vorhanden, die deren Rekonstruktion gestatten. Auch das Kapruner Tal liefert zum Teil vorzügliche Beispiele. Wie ein solcher Boden unter einer Stufe ansetzt, ist musterhaft am Fuße der Mooserbodenstufe zu studieren: der Wielinger Kogel (1785 m) und die Ebmatten setzen sich dort scharf von der Mooserbodenstufe ab. Zu diesem Talniveau gehörte ursprünglich auch der Wasserfallboden. Dieser hat aber durch glaziale und interglaziale fluviatile Erosion (TH. PIPPAN, 1952) eine wesentliche Erniedrigung erfahren. Die sehr hohe Wasserfallstufe ist deutlich gegliedert. Sie hat die Talköpfe dreier Talgenerationen „gesammelt". Es sind dies bei E. SEEFELDNER die Niveaus II bis IV, bei TH. PIPPAN die drei interglazialen Talköpfe. Der jeweils jüngste setzt beim Kesselfall-Alpenhaus an. Im Fuscher Tal haben die dunklen Phyllite die verschiedenen Talböden schlecht erhalten. Außerdem gestatteten diese weichen Gesteine ein schnelles Zurückwandern der Gefällssteilen, so daß im Talschluß des Ferleitentales ebenfalls mehrere Talköpfe ansetzen. Das starre System E. SEEFELDNERS führte hier beispielsweise dazu, daß er für sein Niveau II im Käfertale (hinteres Fuscher Tal) ganze zwei und mehr als 14 km (!) talauswärts einen dritten Rest anführt, um dieses Niveau zu belegen. Damit ist den natürlichen Gegebenheiten jedoch Gewalt angetan. Im Mölltal setzt bei der Sattelalm in rund 1650 m ein Talniveau ab, das sich sehr schön talauswärts verfolgen läßt. Seine Reste liegen im oberen Mölltal zwischen 1500 und 1600 m und können beispielsweise vom Pt. 1927 am Palig, unmittelbar an der Glocknerstraße gelegen, verfolgt werden. Im Dorfer Tal sind so gut wie keine Reste der jüngeren Talgenerationen erhalten. Höchstwahrscheinlich setzt am Riegel des Dorfer Sees ein Talniveau an. Da dieser Riegel aber von einem gewaltigen Bergsturz überlagert wird, sind keine exakten Angaben möglich. Das Dorfer Tal ist stark mit Schutt verschüttet und außerdem relativ eng, so daß es keine sicheren Belege für Talniveaus mehr liefert. Eine schmale Leiste in 1820 m südlich des Lorenzer Baches reicht nicht aus für die Rekonstruktion eines Talbodens. Ähnlich wie im Stubach- und Kapruner Tal sind hier markante Stufenmündungen bzw. Hängetäler entwickelt. Diese sind höchstwahrscheinlich bereits beim Zurückschneiden der größeren Talböden entstanden, indem die Erosionskraft der kleinen Seitenbäche gegenüber den Hauptbächen zurückblieb. Ihr heutiges Aussehen gewannen sie freilich erst durch die gewaltige Vergletscherung in den pleistozänen Kaltzeiten. Daß auch im Dorfer Tal jüngere Talböden vorhanden waren, beweisen die Eintiefungsfolgen an der Dabaklamm. Schöne Reste finden sich an der Mahralm in 1760 m und unterhalb davon bei 1520 m. Während im Teischnitztal keine Belege für Talniveaus vorhanden sind, läßt sich im Ködnitztal ein Talboden unterhalb des Hochtalsystems auskartieren. Reste davon liegen bei der Rainer Alm in 1800 m. In der Umgebung von Kals sowie im Kalser Tal müssen fast alle aufgeführten Beispiele W. KLAKLS (1935) abgelehnt werden. Es handelt sich meist um Schutterrassen (z. B. bei Oberarnig), bei Pt. 1563 m gegenüber von Burg sogar um einen Bergsturz[1]. Erst am Ausgang des Kalser Tales treten bei Oberpeischlach und gegenüber am Speichersee schöne Eckfluren in 1000–1080 m auf und verbinden sich mit den Terrassen des Iseltales.

Zusammenfassend sei gesagt, daß wir keinem der bisherigen Bearbeiter vorbehaltlos folgen konnten. Nicht etwa, weil wir eine vermittelnde Kompromißlösung etablieren wollten, sondern weil die Geländebefunde und allgemein gültige morphologische Gesetze dies empfahlen. Die SEEFELDNERsche Konzeption ist im wesentlichen brauchbar. Seinen Datierungen konnten wir aber nicht beipflichten, da sie eine pleistozäne Erosion ausschließen bzw. als viel zu gering ansetzen. TH. PIPPAN hat demgegenüber ihre jüngsten

[1] Vgl. H. P. CORNELIUS (1938).

Talniveaus den Interglazialen zugewiesen, was wir unterstützen möchten. Dagegen halten wir die von ihr postulierten Hebungen zum Beispiel im Bereich der Stufen des Kapruner Tales für nicht erwiesen, zumindest konnten bis heute keine überzeugenden Beweise geliefert werden (s. E. SEEFELDNER, 1964a). Auch ist nicht sicher, daß alle Talbodenreste die Stufen widerspiegeln, wie sie dies an der Mooser- und Wasserfallstufe gefordert hat. Auch diese Beweisführung hat uns nicht überzeugen können; vor allem an der Mooserbodenstufe ist es wahrscheinlich, daß früher vorhandene Reste der Zerstörung anheim fielen und so ein unvollständiges Bild von den ursprünglichen Verhältnissen gegeben ist. Talauswärts von der Wasserfallstufe hat TH. PIPPAN selbst mehrere Reste angegeben. So bleibt einzig und allein die Frage, ob diese Reste zu dem hinter der Stufe liegenden Talboden gehören oder ob sie, wie TH. PIPPAN meint, älter sind und die Stufe nachzeichnen. Wir glauben es nicht, möchten aber ausdrücklich darauf hinweisen, daß eine unmittelbare Fortsetzung der heutigen Böden in gleicher Höhe talauswärts ohnehin nicht erwartet werden darf, da diese Böden meist viel stärker erniedrigt worden sind als etwa die dazugehörigen Hangleisten (s. oben). M. DROFENIG und W. KLAKL haben ihre Gliederung zu starr vorgenommen, die Überformung nicht genügend berücksichtigt und sind somit viel zu schnell mit tektonischen Verstellungen bei der Hand. Insgesamt gesehen, muß jedoch betont werden, daß trotz der verschiedenen Auffassungen viele Gemeinsamkeiten bereits bestehen. Sicherlich werden die nächsten Jahre weitere Klärung bringen.

## VI. Der glaziale Formenschatz

Immer wieder haben wir bei der Behandlung der verschiedenen Reliefgenerationen auf die glaziale Umgestaltung hingewiesen. So soll hier nur noch eine kurze Zusammenfassung erfolgen. Der Formenschatz in der Glocknergruppe ist nur zu verstehen, wenn wir beides, den präglazialen Formenschatz und die glaziale Überformung im richtigen Verhältnis zueinander sehen.

Dabei fällt die glaziale Überformung der älteren Reliefelemente sowohl wegen ihrer völligen Andersartigkeit gegenüber dem gewohnten Talrelief der Mittelgebirge als auch wegen ihrer Jugendlichkeit besonders auf. Liegt doch das Ende der letzten Kaltzeit erst knapp 10000 Jahre zurück.

Im ganzen hat dabei der Gletscher vor allem die Täler geweitet und zugleich gestreckt. Die schon von A. PENCK mit Recht so sehr hervorgehobene Streckung der Trogtäler und ihre Verbreiterung im Sohlenbereich fällt auch auf der beigegebenen Karte im Dorfertal und im Fuschertal in musterhaften Beispielen ins Auge. Äußerst wichtig ist daneben die Tatsache, daß das Eis verschiedentlich auch hochgelegene Pässe überfloß und niederschliff. Wir werden auf Beispiele noch zu sprechen kommen. Vor allem die Trogtalformung, die Betonung der Trogschultern und die Paßgestaltung sind für die heutige alpine Kulturlandschaft von allergrößter Wichtigkeit.

Auf die Serie der kleineren Glazialformen wurde bereits wiederholt aufmerksam gemacht. Die nach unserem Erachten schönsten Kare der Glocknergruppe sind Gamskar und Schwertkar im Leitertal. Schöne Rundbuckel sind im Zentralgneis im Gebiet des Weißsee und des Tauernmooses erhalten. Häufig sind gerade die Hochtalkare zu sogenannten Kartreppen gegliedert, zum Beispiel im Ödenwinkel.

Die auffälligsten Moränen im heute noch vergletscherten Zentralalpin sind die aus der Mitte des 19. Jahrhunderts. Überall im Glocknergebiet sind sie leicht auszumachen, sehr schön beispielsweise am unteren Wasserfallwinkel (oberhalb der Pasterze) und am Mooserboden, östlich der Drossensperre (Klocknerinkees). Auch ältere, spät- bzw. postglaziale Moränen sind in der Glocknergruppe ebenfalls reichlich vorhanden[1]. Da noch nicht alle einwandfrei datiert sind, wollen wir hier nicht näher darauf eingehen und lediglich einige Beispiele anführen: am Ausgang des Stubachtales liegt der Weiler Köhlbichl auf einer Moräne, die wahrscheinlich aus dem Schlernstadium stammt

[1] Vgl. G. PATZELT (1969), S. 171ff. in diesem Band.

(E. SEEFELDNER, 1961). H. SLUPETZKY (1968) hat soeben das Daunstadium im Stubachtal rekonstruiert. Im Fuschertal ziehen oberhalb von Fusch Moränen schräg hangaufwärts, die E. SEEFELDNER (1961) dem Gschnitzstadium zugeordnet hat. Die sie unterlagernden Schotter möchten wir dagegen eher als Vorschüttschotter ansprechen (vgl. dazu TH. PIPPAN, 1962).

Betrachten wir nochmals die Rolle der Vereisung für die Reliefgeschichte im ganzen. Wie wir zeigen konnten, bestanden bis auf die jüngsten Taleinschnitte und verbreiterten Talböden alle Reliefgenerationen bereits vor der ersten Vereisung. Diese voreiszeitlichen Reliefgenerationen erlitten jedoch eine mehr oder minder starke glaziale Überprägung. Während diese beispielsweise bei den höchsten Verebnungen auf den Kuppen im Innern der Glocknergruppe recht gering war, wurden andere Altformen nicht nur leicht überformt, sondern qualitativ verändert, so daß sie nicht ohne weiteres auf ihr ursprüngliches Aussehen schließen lassen. Dazu gehören die Flachkare und die Hochtalkare. Sie zeigen heute morphologische Merkmale, wie sie nur das Eis schaffen kann. Daß die heutigen Flachkare so geräumig sind, verdanken sie ihrer Vorform: den jungtertiären Verebnungsresten.

Die ehemalige Eishöhe läßt sich an verschiedenen Stellen in der Glocknergruppe sehr genau ermitteln, jedoch nur für die letzte Vereisung. Spuren der älteren Vereisungen sind weitgehend verwischt. Einige Beispiele für würmkaltzeitliche Eishöhen: So war der Kaiser Tauern noch einwandfrei unter dem Eis gelegen, auch aus dem Fuschertal ist Eis ins Seidlwinkeltal übergeflossen (L. DISTEL, 1912). B. v. RINALDINI (1923) hat die Eishöhe nördlich der Glocknergruppe in den Schieferalpen mit etwa 2200 m ermittelt. Südlich des Glocknerhauptkammes halten wir das Kals-Matreier Törl noch deutlich als vom Eis überflossen, auch Peischlach- und Berger Törl waren vom Eis bedeckt. Im Iseltal dürfte die Eisstromhöhe knapp über 2000 m gelegen haben. Alle Formen unter diesen angeführten Stellen wurden also vom Eis überfahren. Dabei wurden alle bereits vorhandenen Stufen verstärkt. Es ist das Verdienst von H. LOUIS (1952), den Mechanismus dieses Vorgangs aufgeklärt zu haben. Danach schleift der Gletscher die Stufenschwelle nur geringfügig nieder, jedoch kolkt er unmittelbar am Fuße der Stufe sehr stark aus. Somit wurden alle fluviatil angelegten Stufen im Längsprofil verstärkt, die Stufenhöhe nahm zu. Auch wurden die Mündungsstufen der Seitentälchen erhöht. Einmal war die Erosionskraft der kleinen Seitengletscher gegenüber dem Hauptgletscher viel geringer, zum anderen wurden die Mündungsstufen bei der glazialen Weitung der Haupttäler zurück und damit höher verlegt. Einige der vielen Mündungsstufen in der Glocknergruppe sind durch diesen Prozeß wohl erst geschaffen worden. Konfluenzstufen sind dort entstanden, wo sich zwei annähernd gleichrangige Gletscher unter spitzem Winkel vereinigten, so daß sich ihre Erosionskraft sprungartig erhöhte. TH. PIPPAN (1957) führte als Beispiel dafür das Becken der Schneiderau im Stubachtale an.

## VII. Nacheiszeitliche und rezente Formung

Die heutigen Formungsmechanismen entsprechen weitgehend denen des Spät- und Postglazials. Abtragung und Aufschüttung sind aber weit geringer als damals. Wo die Bäche über der Mattengrenze wurzeln, führen sie auch jetzt noch reichlich Schutt und Schotter. Sie schneiden an Gefällssteilen (Stufen und Riegel) kräftig ein (Klammen) und schütten in den Flachstrecken auf. Dort, wo sie noch aufschütten, wie in der Teischnitzebene, pendeln sie breit aus und erodieren zur Seite. Aber an vielen Stellen durchsägen sie bereits ihre vorher aufgeschütteten Schutt- und Schotterterrassen.

Genauso verhalten sich die größeren Flüsse. Sie sind heute vornehmlich bestrebt, das von der Eiszeit ererbte, gestufte Längsprofil auszugleichen. An allen Stufen und Riegeln ist diese junge Erosionsleistung oft auf den Meter genau abzulesen.

Auch die größeren Schwemmkegel werden heute zerschnitten. Mit dem Vordringen der Vegetation, nach Rückzug der Gletscher, wurde den Bächen immer weniger Schutt

zugeführt. Damit änderte sich ihr Belastungsverhältnis entscheidend. Die ursprüngliche Tendenz zur Aufschüttung schlug schließlich in die Neigung zu kräftiger Tiefenerosion um, so daß Bäche und Flüsse heute ihre eigenen Schwemmkegel zerschneiden. Vorzügliche Beispiele sind hierfür im Kalser und Dorfer Tal zu studieren. Besonders am Großdorfer Schwemmkegel, wo heute der Raseckbach eine 30 m tiefe Schlucht eingeschnitten hat. Nach Berichten älterer Großdorfer Bauern konnte noch zu Beginn dieses Jahrhunderts das Weidevieh bequem die Raseckschlucht auf darübergelegten Holzbohlen überqueren. Aber auch in allen anderen Tauerntälern (Stubachtal) sind derartige Beispiele zu finden. Sehr intensiv sind Verwitterung und Abtragung im ganzen Bereich oberhalb der geschlossenen Vegetation: in der Fels- und Frostschuttzone (J. BÜDEL, 1960). Der dort reichlich anfallende Frostverwitterungsschutt wird durch Schmelzwässer, Solifluktion, Lawinen und Wind relativ schnell talwärts geführt.

Was Eiserosion und subglaziale Schmelzwässer heute noch zu leisten vermögen, ist gut an der Pasterzenzunge ablesbar. Allein die Tatsache, daß sich unsere Techniker entschlossen haben, unmittelbar unter den Gletscherzungen künstliche Großspeicher (Margaritzenspeicher, Mooserboden und Tauernmoosboden, Weißsee usw.) anzulegen, mag auf den relativ geringen Schuttanfall hinweisen, verglichen mit den Verhältnissen der historischen Gletscherhochstände und denen des Spät- bzw. Postglazials.

Außerordentlich gefährlich sind im Hochgebirge Muren, Erdgletscher und Bergstürze. Besonders dort, wo die eiszeitlichen Gletscher Moränen in Hanglagen zurückgelassen haben und in Gebieten stark und schnell verwitternder Gesteine (Matreier Zone), ist die Gefahr von Murenbildung nach wie vor akut. Die beiden Katastrophenjahre 1965 und 1966 haben im südlichen Glocknergebiet eine traurige Bilanz hinterlassen. Besonders stark waren hier Kalser- und Iseltal betroffen. Nicht Starkregen, sondern die lange andauernden Niederschläge ließen langsam die Schutt- und Moränenmassen vollsaugen und dann abreißen.

Auch mit Bergstürzen muß immer gerechnet werden. Unsere Begehungen im Dorfer Tal haben eindrucksvoll bestätigt, daß der große Bergsturz am Ausgang des Dorfer Sees noch Nachklänge zeigt: am Nachmittag des 23. August 1968 ging auf der westlichen Seite ein ansehnlicher Bergsturz nieder.

Geomorphologen und Geologen finden hier noch ein weites und dankbares Feld, ihre Erkenntnisse zum direkten Nutzen der Hochgebirgsbewohner anzuwenden. So wie für viele Acker- und Weinbaugebiete Mitteleuropas die Gefahr der Bodenerosion aufgezeigt wurde, sollten bald im Hochgebirge die Zonen starker Gefährdung auskartiert werden. Die beiden Katastrophenjahre haben auch die Bedeutung des geschlossenen Waldes als Schutz gegen Starkabtrag gezeigt. Man muß hinfort noch sorgfältiger mit Waldrodungen verfahren. Auch bei der Neuanlage von Siedlungen sollte vorher das Hochrelief eingehend geprüft werden, nicht nur in bezug auf Lawinengefahr.

Damit sind wir beim Einfluß des Menschen auf die Reliefgestaltung: er spielt in der Glocknergruppe eine untergeordnete Rolle im Vergleich zu den intensiv genutzten Kulturflächen mitteleuropäischer Hügelländer. Auf die Bedeutung der Waldrodung wurde hingewiesen.

Vor allem entlang der Glockner-Hochalpenstraße und anderer Bauwerke halten Stützmauern, künstliche Befestigungen und Bepflanzungen, Begradigung und Regulierung der Entwässerung die Abspülung zurück oder lenken sie in bestimmte Bahnen. Zu erwähnen sind hier die aufwendigen Flußregulierungen im Kalser Tal, insbesondere die Schuttfangschleusen.

All dies hat auf die Großformen nur geringen Einfluß. Schon eher die künstlichen Stauseen. Im Kapruner-, Stubach-, oberen Möll- und unteren Kalser Tal wird fast die gesamte natürliche Abflußmenge aufgefangen und zur Gewinnung elektrischer Energie genutzt. Dieses in Stollen fließende Wasser fehlt den Flüssen, so daß ihre Erosionsleistung in diesen Talabschnitten stark reduziert ist.

Acker- und Weideterrassen sind im Gebiet der Glocknergruppe weniger häufig als im Defereggental, südlich davon.

## VIII. Großformen und Kulturlandschaft

Auf vielfältige Weise hat der Mensch seit altersher die verschiedenen Großformen der Glocknergruppe für Siedlungen, Verkehrsanlagen, Wirtschaftsflächen usw. genutzt. Wesentliche Voraussetzungen dafür schufen die eiszeitlichen Gletscher. Ohne ihre Arbeit wären die Tauerntäler eng und schwer passierbar. Auch unterhalb der Schliffgrenze fänden wir rauhgeformte Hänge und Terrassen. Niemals hätte es Platz für fruchtbare Schwemmkegel, breite Autostraßen und für die riesigen Speicher- und Kraftwerksanlagen in den Talgründen gegeben. Auch die gestreckte Form der Täler und ihrer Terrassenreste, vor allem aber die gute Durchgängigkeit und die niedergeschliffenen Pässe sind der Arbeit des Eises zu verdanken.

So sind die Schwemmkegel bevorzugte Siedlungsstellen. Kals und Großdorf sind dafür Paradebeispiele. Der einzige bedeutende Ackerbau der südlichen Glocknergruppe findet sich auf dem Großdorfer Schwemmkegel. Die schottererfüllten Flachstrecken der Täler tragen Siedlungen (Fuscher- und Stubachtal) oder Almen (Dorfer Tal), desgleichen die plio- und pleistozänen Leisten und Terrassen der Hänge (linke Talseite im oberen Mölltal). Ausgesprochen günstig erweisen sich für Hochweiden, Almhütten und Heustadel die Reste der Hochtalböden bzw. die ehemaligen Trogschultern (Mölltal, Stubachtal). Die Eckfluren am Ausgang der Tauerntäler wurden als gute Siedlungsstandorte schon in den Anfängen der Tauernerschließung erkannt. Wo das Stubachtal in den Pinzgau mündet, wird eine Rückzugsmoräne vom Weiler Köhlbichl gekrönt.

Auch die Straßenführung bevorzugt die Flachstrecken der Täler, die Terrassenreste an den Hängen und die niedergeschliffenen Pässe. Hochtor und Fuschertörl (Römerweg) und Kalser Tauern (Steinaxtfund im Dorfer Tal) sind seit vorchristlicher Zeit als unbeschwerliche Tauernübergänge bekannt. Kalser-, Matreier-, Peischlach- und Berger Törl im Süden des Hauptkammes, das Kapruner Törl nördlich davon, sind vielbegangene Pässe in der Glocknergruppe. Die Großglockner-Hochalpenstraße führt zwischen Fuscher Törl und Hochtor mehrfach über Flachkar-Reste und hält sich auch südlich des Hochtors wiederholt an alte Verebnungsreste (z. B. Senfteben, Kasereck).

Die Oberwalderhütte auf dem Großen Burgstall mag darauf hinweisen, daß eine Reihe unserer hochalpinen Schutzhütten auf den ältesten Formen der Glocknergruppe errichtet wurden. Das neuerschlossene, ganzjährige Skifahrergebiet am Kitzsteinhorn beruht letztlich auf dem Altlandschaftsrest unter dem oberen Schmiedingerkees.

Überschliffene, vom Eis noch verstärkte Stufen und Riegel und die glazial übertieften Wannen dazwischen haben das Kapruner und das Stubachtal für die Anlage von Großspeichern zur Gewinnung elektrischer Energie geradezu prädestiniert. Dazu sind freilich auch die umliegenden Gletscher als zuverlässige Wasserlieferanten notwendig. Die alten Flachformen in der Umgebung tragen wesentlich zur Vergrößerung des Einzugsgebietes bei.

Schließlich macht die Mannigfaltigkeit der Großformen, der Gegensatz steil – flach, geglättet und zackig, und die Anpassung der Vegetation und der Kulturlandschaft an diese morphologischen Gegebenheiten die Schönheit und den Reiz unserer Hochgebirge aus. Dies sind immer noch die Grundbedingungen für den Fremdenverkehr. Und ohne diesen wäre vielen Hochgebirgsbewohnern – gerade auch in der Glocknergruppe – die Existenzgrundlage genommen.

# Die Waldgrenze der Glocknergruppe

Von Hans Böhm (Bonn)

## Höhengrenzen

So markant wie die obere Waldgrenze erscheint kaum eine natürliche Grenze des dreidimensionalen Klimas und Pflanzenkleides der Erde. Weitere, mehr oder weniger deutlich ausgeprägte Höhengrenzen lassen sich im Gebirge verfolgen, etwa die der Siedlungen, einzelner Feldfrüchte bzw. Anbausysteme oder die Untergrenzen von Schnee, Firn und solifluidalem Bodenabtrag. Aus dieser unvollständigen Aufzählung ist bereits zu entnehmen, daß wir beim Anstieg im Gebirge einerseits das Zurückweichen, andererseits das Auftreten einzelner Erscheinungen beobachten können, die in ihrer regelmäßigen Abfolge eine deutlich vertikale Stufung ergeben. Allen Verbreitungsgrenzen ist gemeinsam, daß sie bei den mit zunehmender Meereshöhe sich gesetzmäßig wandelnden Umweltbedingungen durch einen oder mehrere im Minimum vertretene, standortbestimmende Faktoren verursacht werden. Sind es für die Holzgewächse im borealen Bereich vor allem thermische Faktoren, die die Lebensmöglichkeiten einschränken, so tritt in tropischen Breiten die Feuchtigkeit als weiterer, oft entscheidender Minimumfaktor hinzu. Das nicht nur mit der Höhen- sondern auch mit der Breitenlage gesetzmäßig abgewandelte Zusammenspiel der klimatischen und edaphischen Faktoren bedingt gemäß der Breitenlage sowohl eine andersartige Physiognomie der oberen Waldgrenze als auch eine veränderte vertikale Abstufung der Vegetation (TROLL 1941). Es hat sich eingebürgert, in den Alpen eine montane, subalpine, alpine, subnivale und eine nivale Stufe voneinander zu trennen.

Fragen wir nach der klimatischen Waldgrenze, so gehen wir von der Annahme aus, daß mit zunehmender Höhe im Gebirge eine allein vom Klima abhängige Verbreitungsgrenze des Waldes existiert. Diese Linie ist ebenso wie etwa die der klimatischen Schneegrenze nur als wissenschaftliche Abstraktion real. Sie kann, wie das MAREK (1910) für die gesamten Ostalpen gezeigt hat, aufgrund eines genauen Studiums großmaßstäbiger Karten bestimmt werden. Da die klimatische Waldgrenze mit dieser Methode durch die Verbindung der höchstgelegenen Vorkommen des Waldes bzw. der Waldstreifen gefunden wird, ist die Zuverlässigkeit der Aussagen von der Genauigkeit der topographischen Aufnahme abhängig. Bei einem großräumigen Vergleich sind die Fehler jedoch so gering, daß man mit Recht annehmen kann, daß die gesuchte Höhengrenze eher unter als über der gesuchten Linie liegt.

Die kleinräumige Betrachtung, die außer genauen Höhenangaben einige Aussagen über die Lebensmöglichkeiten des Baumwuchses im Bereich der oberen Waldgrenze machen möchte, bedarf jedoch der genauen Geländebeobachtung.

Ein Blick vom Piffkarschneid (Bild 1) oberhalb der Glocknerstraße ins Fuscher Tal in Richtung Norden soll uns einen ersten Eindruck von der Waldverteilung im Glocknergebiet vermitteln. Die trockenen Dolomithänge der Piffalm rechts im Vordergrund tragen einen dichten Legföhrenbestand, aus dem einzelne Bäume (vorwiegend Zirben) mit aufrechtem Wuchs herausragen. Hangabwärts treten sie zu Gruppen und schließlich zu geschlossenen Beständen zusammen, in denen, im Bild nicht zu erkennen, die Legföhren zugunsten der Grünerlen zurücktreten. Die Waldgrenze hier in ca. 1850 m Höhe wäre mit der unteren Bildkante nahezu identisch. Aus größerer Entfernung, etwa für den Mittelgrund des Bildes (Stierwald), läßt sich die alpine Waldgrenze physiognomisch leichter erfassen. Sie liegt hier höher, in ca. 1940 m, und ist deutlich an eine Gelände-

kante gebunden. Am stärker gegliederten, von Kalkglimmerschiefern und Phylliten aufgebauten Gegenhang, zwischen Jaggeskopf (2085 m), Kandlspitz (2383 m) und dem Walchergraben, fehlt das Krummholz, der geschlossene Wald ist durch offene Gräben und Lawinengassen in vertikale Streifen gegliedert. Die Waldgrenze wird hier durch die Verbindungslinie der höchsten Waldvorkommen (1850–1980 m) markiert. Überall reicht der Baumwuchs an Einzelstandorten noch in größere Höhen hinauf (Bild 2). Daher können wir über der Waldgrenze, oft sogar erheblich eindeutiger, eine obere Baumgrenze festlegen, die die subalpine von der alpinen Höhenstufe der Vegetation trennt und oberhalb derer nur noch ein zwerghafter oder verkrüppelter Wuchs der Holzgewächse möglich ist. Der zwischen Wald- und Baumgrenze gelegene Höhengrenzsaum, die Kampfzone des Waldes (nach DE CANDOLLE vgl. SCHRÖTER 1908), ist von unterschiedlicher Ausdehnung, wie am Beispiel des oberen Fuscher Tales zu erkennen ist. In den Tälern der Glocknergruppe ist es nicht selten, daß Einzelbäume oder Baumgruppen die obere Waldgrenze um 200–300 m übersteigen. Für die Ostalpen hat sich aufgrund zahlreicher Beobachtungen eine mittlere Höhendifferenz von 80–100 m ergeben (MAREK 1910).

Die örtlich sehr stark schwankende Differenz zwischen Wald- und Baumgrenze ist weitgehend eine Folge der Tätigkeit des wirtschaftenden Menschen, der durch die Anlage und Nutzung von Mähdern und Weiden sowie durch die holzwirtschaftliche Nutzung des Waldes die gegenwärtig erkennbare Konfiguration der Höhengrenzen bestimmt und die klimaökologischen Bedingungen verändert hat. Die aktuelle Waldgrenze ist, so wie wir sie im Gelände beobachten können, zwar klimatisch geprägt, in der Einzelausformung jedoch oft sehr stark anthropogen bedingt. Von botanischer Seite wird daher vielfach eine Trennung von Wald- und Baumgrenze abgelehnt und die natürliche bzw. klimatische Waldgrenze mit der Höhengrenze des aufrechten Baumwuchses gleichgesetzt (vgl. z. B. SCHRÖTER 1908, ELLENBERG 1963, SCHIECHTL 1967), allerdings weitgehend unter der Voraussetzung, daß dort, wohin Einzelbäume vorzudringen in der Lage sind, auch geschlossene Bestände wachsen können. Mit FRIEDEL (1967) wird im weiteren Verlauf dieser Untersuchung die klimatische Wald- und Baumgrenze der Glocknergruppe aus den höchstgelegenen Restvorkommen des Wald- bzw. Baum- (Krüppel-) Bestandes konstruiert. Der so bestimmten klimatischen Grenze muß als weitere natürliche Waldgrenze die orographische Waldgrenze gegenübergestellt werden. Sie ist dort anzutreffen, wo Lawinen, Steinschlag, Muren oder steile Felswände den Baum- und Waldwuchs beeinträchtigen, wie etwa unterhalb der Bratschen im hinteren Ködnitztal (Bild 3), im Fuscher Tal unterhalb der Kandlspitz (Bild 1) oder ganz extrem in der Boggenei (vgl. Abb. 1).

Im Gelände stehen wir bei der Festlegung der aktuellen Waldgrenze oft vor einem bisher nicht erwähnten Problem, nämlich vor der Frage, was noch und was nicht mehr als Wald zu bezeichnen ist. Diese Schwierigkeit ergibt sich vor allem dadurch, daß beim Anstieg im Gebirge das Höhenwachstum des Waldes abnimmt, die Bestände lichter werden und der Kronenschluß nicht mehr gewährleistet ist. Daher sei hier unter Wald noch ein 1,5–3 m hoher Bestand mit lockerem Kronenschluß verstanden. Unsere Betrachtung muß jedoch über die auf diese Weise festgelegte Grenze hinausgehen, da sich die gesamte Dynamik der oberen Waldgrenze nur dann erfassen läßt, wenn der Höhengürtel bis zum letzten Vorposten des zwergenhaften Baumwuchses in die Betrachtung mit einbezogen wird (vgl. HOLTMEIER 1967).

## Verlauf der Waldgrenzen in der Glocknergruppe

Die ersten systematischen Beobachtungen zur Waldgrenze der Glocknergruppe gelangen dem französischen Botaniker BONNIER (1888, vgl. MAREK 1910), nachdem mehrere Jahre zuvor die Gebrüder A. und H. SCHLAGINTWEIT am Großglockner wegweisende Messungen durchgeführt hatten. Vor 40 Jahren begann GAMS (1936), veranlaßt durch den D. Ö. A. V., auf der soeben fertiggestellten Glocknerkarte mit einer der ersten



Bild 1: Fuscher Tal gegen N vom Piffkarschneid (25. 9. 67).



Bild 2: Waldgrenze in ca. 2060 m oberhalb der Durcheckalm (13. 9. 67).

großmaßstäbigen Vegetationskartierungen der Ostalpen. Wenige Jahre später kartierte FRIEDEL, dessen Arbeit leider erst 1956 veröffentlicht wurde, die Vegetation der Pasterzenumrahmung im Maßstab 1:5000.

Betrachten wir die Höhenlage der oberen Waldgrenze in den Tälern der Glocknergruppe in Abhängigkeit von der Talbodenhöhe (Abb. 1), so ergeben sich nicht nur für die Nord- und Süd-Abdachung, sondern auch innerhalb der Täler bemerkenswerte Unterschiede. Die höchstgelegenen Waldinseln der gesamten Gruppe liegen auf der Nord-Seite im Fuscher Tal in 2040–2050 m am Embachhorn, sowie unterhalb des Piffkares und auf der Süd-Seite in 2100–2120 m auf den nordexponierten Hängen des Teischnitz-, Ködnitz- und Lesachtales. In über 2000 m Höhe ist der Waldanteil im Möll- und Kalser Tal zudem erheblich größer als in den Pinzgauer Tälern. Ein Vergleich mit der von DOMES (1936) für Salzburg ermittelten Höhenlage der forstlichen Bonität V (– Waldgrenze) (vgl. Abb. 1) ergibt, daß es sich hier keineswegs um lokalklimatisch begünstigte Extremwerte handelt. Die mittlere Differenz der Waldgrenzhöhen der Nord- und Süd-Abdachung der Hohen Tauern beträgt demnach für das Glocknergebiet 70–90 m, wobei sich die höchsten Waldvorkommen in Osttirol und Kärnten bis maximal 950 m und im Pinzgau bis maximal 700 m über den Talboden erheben. Dieses Ansteigen der klimatischen Waldgrenze wird seit den Arbeiten der Gebrüder SCHLAGINTWEIT (1854) als Gesetzmäßigkeit der positiven Wirkung großer Massenerhebungen beschrieben (vgl. IMHOF 1900 und MAREK 1910). Nach diesem Gesetz steigen sowohl die physikalischen als auch die biologischen Grenzen mit zunehmender Massenerhebung vom Gebirgsrand gegen das Innere an, wobei gleichzeitig das Klima vom feuchteren ozeanischen zum trockeneren kontinentalen Typ hinüberwechselt. LIEZ hat die Massenerhebung (vgl. BROCKMANN-JEROSCH 1919) als mittlere Höhe eines Gebietes definiert, die dieses bei einer vollständigen Einebnung ohne Veränderung der Grundfläche und des Volumens erreichen würde. Ein grobes Maß stellen bereits die durchschnittliche Talbodenhöhe und der Grad der Zertalung dar. Als Ursache dieses Zusammenhanges wird oft lediglich eine Hebung der Isothermen und damit eine rein thermische Begünstigung des Baumwuchses hervorgehoben. Dieser Begründung hat TOLLNER (1949) mit Recht widersprochen, geht doch bereits aus den Angaben BROCKMANN-JEROSCHS (1919) hervor, daß zum Beispiel die 10°-Juli-Isotherme gerade in Gebieten geringerer Massenerhebung ihre größte Höhenlage erreicht. BROCKMANN-JEROSCH weist auf den unterschiedlichen Klimacharakter hin, der am Alpenrand mehr ozeanisch, das heißt durch hohe Niederschläge, geringe Sonneneinstrahlung, häufiges Auftreten heftiger Winde und geringe Temperaturschwankungen, im Inneren des Gebirges aber mehr kontinental getönt ist, das heißt durch hohe Strahlungsintensitäten, große Temperaturschwankungen und geringe Niederschlagsmengen bestimmt wird.

Für die Nord- und Süd-Abdachung der Hohen Tauern ergeben sich, wie GAMS (1936) und TOLLNER (1952) gezeigt haben, deutliche klimatische Unterschiede (vgl. hierzu den Aufsatz von TOLLNER im gleichen Band). Die Zahl der Niederschlagstage sowie die Niederschlagssummen sind auf der Nordseite des Tauernkammes erheblich höher als auf der Südseite. Hohe Niederschläge bewirken einerseits eine Depression der Waldgrenze, andererseits aber auch, wie DOMES (1936) zeigen konnte, eine Hebung der unteren Bonitätsgrenzen. Darin liegt kein Widerspruch, da an der Waldgrenze Schneehöhe und Schneedeckendauer, das heißt letztlich die Länge der Vegetationsperiode, in Tallagen hingegen bei ausreichenden Wärmemengen und optimaler Vegetationszeit die sommerliche Feuchtigkeit (bzw. Trockenheit) ausschlaggebend ist. Die Höhenlage der 0°-Isotherme zu Anfang und Ende des Winters ist ebenfalls geeignet, die klimatische Begünstigung der Südabdachung zu verdeutlichen. Im April und im Oktober erreicht sie in den Pinzgauer Tälern mit 1850 bzw. 2200 m durchschnittlich 70 m weniger als in Kärnten und Osttirol (TOLLNER 1952). Damit rückt auf der Südseite auch der Bereich in die Höhe, in dem die jährlichen Assimilationsgewinne einen aufrechten Baumwuchs ermöglichen.

Die nach Norden und Nordwesten offenen Pinzgauer Täler sind zudem der Windwirkung und Kälteeinbrüchen stärker ausgesetzt als die südlichen Tauerntäler.



Bild 3: Ködnitztal gegen Großglockner (28. 9. 67).

Aus der Zusammenstellung in Abb. 1 ergeben sich jedoch „Anomalien" der Waldgrenzhöhen, die einer näheren Interpretation bedürfen. Nicht nur im Fuscher Tal, sondern auch in den übrigen nordseitigen Tälern erreicht der Wald auf den west- bis südwestlich exponierten Hängen seine höchsten Lagen. Im Möll- und Kalser-Dorfer-Tal sind es hingegen die Nord- bis Nordost-exponierten Hänge, auf denen das Waldkleid höher hinaufragt. Klimatische Ursachen mögen diese Verteilung in dem Sinne mitbestimmen, daß im feuchteren Norden auf den wärmeren und flacheren west- bis südwestlich exponierten Hängen und im relativ trockeneren Süden auf feuchteren nordexponierten Hängen der Waldwuchs begünstigt ist. Die extremen Unterschiede im Ferleiten- und Mölltal zum Beispiel sind weitgehend auf andere Ursachen zurückzuführen. Der durch Seitentäler nur schwach gegliederte ostexponierte Hang des Ferleitentales wird sehr stark von der Almwirtschaft beansprucht, wodurch der Wald auf wenige für den Weidegang des Viehs zu steile Hänge zurückgedrängt worden ist (Bild 4). Außerdem handelt es sich im Ferleitental im Gegensatz etwa zum Stubachtal um privaten Almwald, der keiner geregelten forstwirtschaftlichen Nutzung unterliegt. Es kommt jedoch im Bereich der Boggenei durch die tief hinabreichenden Gletscher und die außerordentlich große Lawinen- und Vermurungsgefahr noch eine natürliche Waldgrenzdepression hinzu.

Im Mölltal ist die auffallend niedrige Waldgrenze am Osthang ebenfalls eine Folge der Weidewirtschaft und der Heugewinnung. Ein zur Zeit des mittelalterlichen Bergbaus übermäßig starker Holzeinschlag hat erheblich zur Senkung der Waldgrenze beigetragen.

Bemerkenswert ist weiterhin das auffallend scharfe Abknicken der Waldgrenzen im Talhintergrund, wobei es sich um die vom DOMES (1936) als Sockel- und von SCHARFETTER (1938) als Talphänomen beschriebene Erscheinung handelt. Dieses Phänomen ist geländeklimatisch bedingt. Die häufige Bildung von Kaltluftseen, besonders auf den flachen Böden des Talschlusses, kann den Waldwuchs sehr beeinträchtigen oder gar verhindern, so daß neben der oberen eine klimatisch bedingte untere Waldgrenze erscheint. Daher steigt die Mischwaldstufe (vgl. Abb. 2) als schmales Band im Ferleitental an beiden Hängen aufwärts, während sich die normalerweise höher gelegene Fichten-

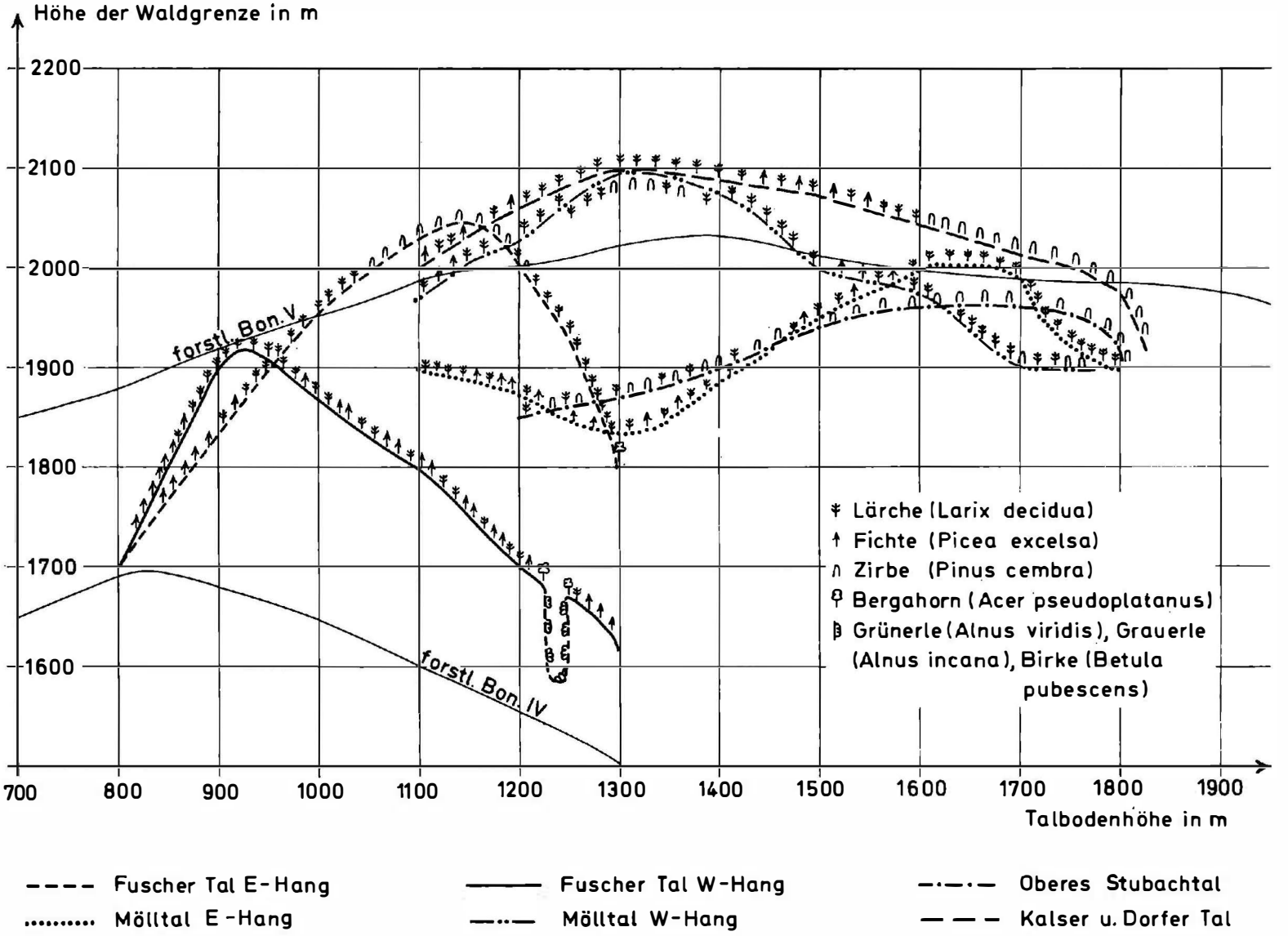



Abb. 1: Die Waldgrenzhöhen in den Tälern der Glocknergruppe (mit Eintragung der forstlichen Bonitäten nach DOMES, 1936).



Bild 4: Waldgrenze am linken Hang des Ferleitentales (18. 9. 67).

stufe bis auf den Talboden senkt. Die normale Temperaturabnahme mit der Höhe erfährt hier während der Vegetationsperiode sehr häufig eine Umkehr, so daß sich eine „warme Hangzone" bildet, deren Bedeutung und außerordentliche Mächtigkeit (im Sommer bis 200–350 m und im Winter bis 500–700 m über dem Talboden) AULITZKY (1967, 1968) für Obergurgl nachweisen konnte. Fast während des ganzen Jahres sind dort am Talboden sowohl die mittleren Temperaturminima als auch die Monatsmitteltemperaturen niedriger als an der oberen Waldgrenze. Im Mittel verkürzt sich daher am Talboden der Zeitraum, in dem Fichten und Zirben thermisch ungehindert assimilieren können gegenüber der warmen Hangzone um 20–30 Tage. Verstärkt wird das Talphänomen in den Tälern, in denen die Kaltluftansammlung durch die Gletscherwinde vermehrt wird. Die Hebung der Wald- und Baumgrenze in Gebieten großer Massenerhebung ist auch sicher eine Folge der Ausbildung einer warmen Hangzone.

Aus den bisherigen Ausführungen ergibt sich für die dreidimensionale Anordnung der Waldvegetation in der subalpinen Zone weitgehend ein reliefunabhängiger klimaökologisch bedingter quasihorizontaler Verlauf der Höhengrenzen, der unter der Wirkung der Massenerhebung einem gesetzmäßigen Formenwandel unterliegt. Diesem Prinzip steht ein anderes klimaökologisches Prinzip gegenüber und zwar das der alpinen und subnivalen Höhenstufe; es ist antihorizontal und im wesentlichen kleinrelieforientiert. Die Interferenz beider schafft die charakteristische Physiognomie der alpinen Waldgrenze: das Hinaufsteigen des Waldes auf Rücken und Graten und das Zurückbleiben in Mulden und Bachrissen. Dort, wo der Mensch die Waldgrenze künstlich erniedrigt oder etwa durch Windwirkung der Wald großflächig vernichtet wird, gewinnt auch in der subalpinen Zone das relieforientierte antihorizontale Prinzip die Oberhand (vgl. FRIEDEL 1967).

Die klimatische Waldgrenze ließe sich demnach als eine Grenze definieren, an der es einem geschlossenen Bestand unter den herrschenden makroklimatischen Gegebenheiten nicht mehr möglich ist, sein Bestandsklima, in dem eine gleichmäßige natürliche Verjüngung erfolgen kann, gegen das kleinreliefbestimmte Topoklima durchzusetzen.

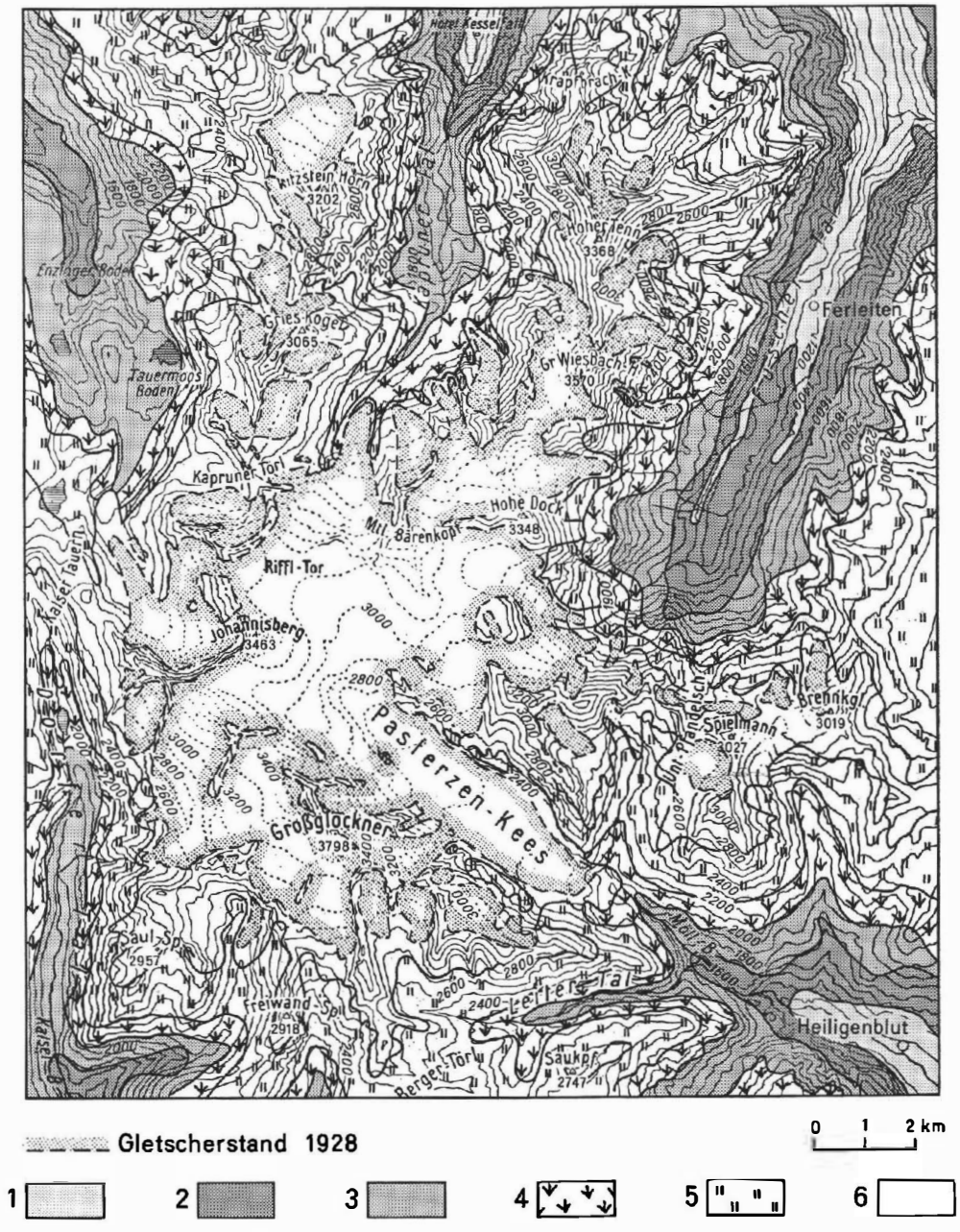



Abb. 2: Schematische Höhenstufen der Vegetation nach GAMS (1935).
1. Mischwaldstufe, 2. Fichtenstufe, 3. Subalpine (Lärchen-Arven-)Stufe, 4. Zwergstrauch-Stufe, 5. Grasheiden-Stufe, 6. Nivale und subnivale Stufe.

## Die waldgrenzbildenden Holzarten

### Die Zirbe *(Pinus cembra)*

Die Zirbe gehört im Glocknergebiet neben der Lärche zu den natürlichen Waldgrenzbildnern. In ihrer Verbreitung ist sie jedoch sehr stark durch die Bewirtschaftung des Waldes und eine vom Weidegang des Viehs hervorgerufene Auslese bestimmt (vgl. auch Abb. 1). Die ausgedehntesten Bestände befinden sich in den Staatsforsten der Umgebung des Enzinger Bodens (Stubachtal) sowie im Dorfer Tal und in der Göschnitz. Hier steigt die Zirbe im Durchschnitt bis auf 2000 m an; größere Höhen mit 2120 m und 2180 m erreicht sie am ostexponierten Hang des Dorfer Tales und am nord- sowie am südexponierten Hang der Göschnitz. Im Fuscher Tal wächst die Zirbe gruppenweise auf den Kalk- und Dolomithängen des Piffkares („Zirmleite"!) und des Höllbachgrabens (hier unterhalb des Weges zum Schwarzkopf bis auf 2120 m). Ebenso vereinzelt, aber nicht an ein bestimmtes Gestein gebunden, finden wir sie im oberen Mölltal unterhalb der Roßalm, in der Ködnitz sowie im Leitertal (einige Zirbenkrüppel erreichen über 2200 m), während sie im hinteren Kapruner Tal und am Osthang des Ferleitentales ganz zu fehlen scheint. Mit Ausnahme des Stubachtales ist im ganzen Glocknergebiet zu beobachten, daß steile Felswände und Grate die bevorzugten Zirbenstandorte sind. Hierin ist mit Sicherheit eine weidewirtschaftlich bedingte Arealbegrenzung zu sehen. Die Zirbe verhindert im Gegensatz zur Lärche das Wachstum guter Weidegräser. Daher wurde sie auf den almwirtschaftlich genutzten Flächen systematisch vernichtet; außerdem ist sie sehr empfindlich gegen Viehverbiß, durch die sie jede Regelmäßigkeit der Wuchsform verliert. Die Zirbe liefert außerdem ein beliebtes Bauholz und wurde deshalb nicht nur in der Umgebung der Siedlungen, sondern auch im Bereich der Almen bevorzugt geschlagen. Bedenkt man, daß die Zirbe im Mittel erst nach 60 Jahren blühfähig wird und dann auch nur alle 6–8 oder gar 10 Jahre Zapfen trägt, wird ihre relativ geringe Verbreitung verständlich (VIERHAPPER 1915). Im Bereich der Almen sind auf diese Weise reine Lärchenwälder oder weitständige, meist stark überalterte Lärchenweidewälder entstanden. Sehr schöne Beispiele finden sich hierfür in der Ködnitz (vgl. Bild 3) und im Dorfer Tal (vgl. Abb. 3). Bei der natürlichen Wiederbewaldung aufgelassener oder nurmehr schwach bestoßener Almen, etwa im Bereich der Durcheckalm, ist die Zirbe der Lärche weit überlegen. Die schweren Zirbenzapfen können den teilweise sehr dichten, meist aus Rhododendren oder Vaccinien bestehenden Unterwuchs leicht durchschlagen, während die leichten, vom Wind transportierten Lärchensamen, die zur Keimung frischen Mineralboden benötigen, hier kaum ein Keimbett finden können (HOLTMEIER 1967). Die Bedeutung des natürlichen Samenfalles ist jedoch für die Verbreitung der Zirbe sehr gering. Es ist vor allem der Tannenhäher (*Nucifraga caryocatactes)*, der die Verbreitung des zoochoren Nadelbaumes besorgt. Dieser kleine Rabenvogel, der auch im Glocknergebiet häufig anzutreffen ist, reißt im Sommer und Herbst die Zirbenzapfen ab, verschleppt sie zu seinen „Hackplätzen" und versteckt die Nüßchen (ca. 10–40 Stück) für den Winter in „Vorratskammern", die er jedoch nicht immer wiederfindet. Bei der Anlage der Verstecke scheint der Tannenhäher nach den Beobachtungen OSWALDS (1963) Geländerippen, auf denen die Gemsheide und die Moorbeere wachsen, zu bevorzugen. Aus diesen Depots erwachsen dann in der Regel kleine Zirbengruppen, oft in großer Entfernung von den zapfentragenden Zirbenbäumen. Der Tannenhäher behält aber immer einen gewissen „Aktionsradius" bei. Daher ist es nicht möglich, daß auf diese Weise Hänge in allzu großer Entfernung von zapfentragenden Zirben natürlich „aufgeforstet" werden. Eine Windverbreitung der Samen wie bei der Lärche oder Fichte scheidet wegen der Größe der Nüßchen aus.

Für ihr Gedeihen benötigt die Zirbe einen gut durchlüfteten Boden, der allerdings keine allzu große Rohhumusdecke besitzen darf. Die Ausbildung eines flachen, aber sehr kräftigen Wurzelsystems befähigt sie vor allen anderen Baumarten, im Bereich der Waldgrenze Felsstandorte zu besiedeln. An diesen meist sehr windausgesetzten Standorten treten im Jugendstadium selten Windschäden auf, da die sehr elastischen Stamm-

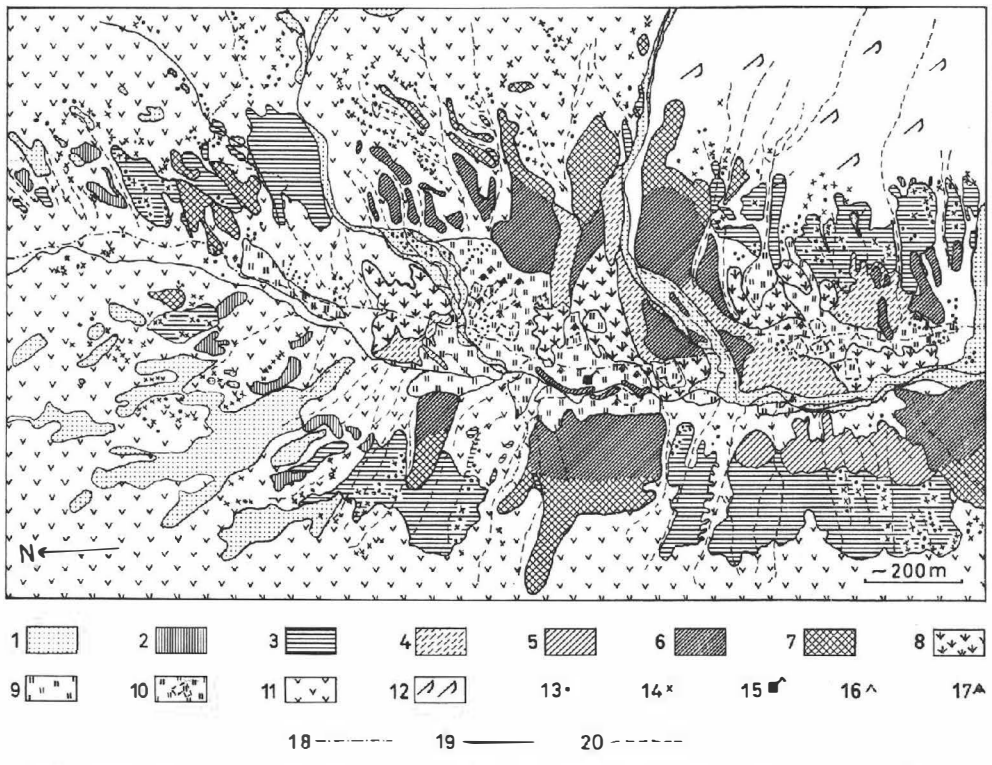



Abb. 3: Vegetationsskizze des Dorfes Tales in der Umgebung des Kaiser Tauernhauses (nach Luftbildern und Geländeaufzeichnungen 1967).
1. Vegetationsfreie Flächen, 2. Legföhren, 3. Grünerlen, 4. Lärchenjungwuchs, 5. Lockere Lärchenbestände mit Grünerlen und Alpenrosen, 6. Lärchenwald, 7. Lärchen-Arven-Wald, 8. Lärchweiden, 9. Talweiden und -wiesen, 10. Almanger, 11. Almweiden, z. T. durch Zwergsträucher stark verunkrautet, 12. Bergmähder (nicht mehr genutzt), 13. Lärche, 14. Zirbe, 15. Kaiser Tauernhaus, 16. Almhütte verfallen, 17. Almhütte, 18. Weg, 19. Gewässer, 20. Bachrisse.

und Astteile sich sehr gut den Stromlinien des Windfeldes anpassen (AULITZKY 1963). Von allen Baumarten der alpinen Waldgrenze besitzt die Zirbe die größte Frosthärte. Temperaturen von $-40°C$ und mehr vermag sie im Winter gefahrlos zu überstehen, im Sommer treten allerdings Schäden bereits bei $-10°C$ auf. Empfindlich ist die Zirbe jedoch gegen häufigen Frostwechsel. Das Zellwasser ihrer Nadeln gefriert bei $-2°$ bis $-4°C$; damit werden die Spaltenöffnungstätigkeit und die Assimilation unterbunden. Bei $-6°$ bis $-8°C$ wird dann auch die Atmung eingestellt. Da diese Temperaturbereiche nicht nur im Frühjahr und Herbst, sondern auch im Winter häufig durchschritten werden, kann es zu steigenden Wasserverlusten kommen, die vor allem dann nicht mehr ausgeglichen werden können, wenn das ganze Wurzelsystem an schneearmen Standorten eingefroren ist (TRANQUILLINI 1961). Starke Windeinwirkung steigert die Verdunstung oft erheblich, so daß es zum Absterben der windexponierten Pflanzenteile – zu sogenannten Frosttrocknisschäden – kommt. Bei Standorten mit einer mittleren Schneebedeckung treten derartige Schäden wegen der schlechten Wärmeleitfähigkeit (= schützende Wirkung der Schneedecke) des Schnees seltener auf. Bei einer hohen Schneelage bzw. bei zu langer Schneebedeckung kann die Zirbe jedoch wiederum schwer geschädigt werden, nun aber durch Pilzbefall. Hier treten vor allem die Schneeschüttepilze *Phacidium infestans* und *Lophodermium pinastri* auf, die bei ausreichender Feuchtigkeit und Temperaturen unter $0°C$ noch gedeihen können. Es werden vor allem die direkt unter der Schneedecke befindlichen Nadeln von den Pilzen befallen. Bei *Phacidium infestans* zeigt sich der Befall nach der Schneeschmelze durch eine rostrote und später



Bild 5: Fichtenjungwuchs im ehemals stark beweideten Lärchenwald (Sattelalm) (15. 5. 67).

hellgraue Verfärbung der Zirbennadeln, bei Schädigung durch *Lophodermium pinastri* bleibt die rostrote Färbung bis zum Abfallen der Nadeln erhalten. Die Schäden können so markant sein, daß man an den befallenen Bäumen die mittlere Höhe der winterlichen Schneedecke ablesen kann. Für den Jungwuchs, der noch nicht über die Schneedecke hinausragt, endet der Pilzbefall meist tödlich. Dies ist ein weiterer Grund dafür daß Zirben Mulden und Rinnen mit langer Schneebedeckung meiden und oft perlschnurartig aufgereiht die weniger schneebedeckten Rücken besiedeln (vgl. Abb. 3).

## Lärche *(Larix decidua)*

Wie schon aus Abb. 1 hervorgeht, vertritt die Lärche an der oberen Waldgrenze des Glocknergebietes weitgehend die Zirbe. Lärchenjungwuchs ist fast überall in Höhen von über 2100 m, bei Kals sogar bis 2320 m anzutreffen. Aus der natürlichen Schlußgesellschaft des Zirben-Lärchen-Waldes ist weithin durch almwirtschaftlich bedingte Auslese ein reiner Lärchenwald entstanden. In der unteren subalpinen Stufe ergibt sich auf den natürlichen Standorten des Fichten-Lärchen-Waldes eine ähnliche Erscheinung. Auch hier sind vielfach durch systematische Vernichtung der natürlichen Konkurrenten (Fichte) lichte Lärchwälder (-wiesen) entstanden, in die bei nachlassender oder gar aufhörender weidewirtschaftlicher Nutzung die verdrängten Schattholzarten (Fichte bzw. Zirbe) oft in sehr kurzer Zeit wieder eindringen (Bild 5). Es sind demnach weniger die ökologischen Anforderungen dieser Lichtholzart, die eine Bevorzugung der trockeneren Süd- und Südwest-Lagen bewirken. Wie die Untersuchungen von TSCHERMAK (1935), FENAROLI (1936) und MAYER (1962) gezeigt haben, besitzt die Lärche eine sehr breite ökologische Amplitude, aufgrund derer sie befähigt ist, die unterschiedlichsten Standorte zu besiedeln. Empfindlich ist sie lediglich gegen eine starke oberflächliche Austrocknung des Bodens und ein regelmäßiges Auftreten von starken Spätfrösten.

An den Schuttkegeln unterhalb der Koglwand bei Heiligenblut sowie auf den Murkegeln des hinteren Dorfer Tales (Abb. 3) wächst die Lärche als ausgesprochener Rohbodenkeimer. Ihre Vorliebe für gut durchlüftete, frische Mineralböden zeigt sich auch dort, wo sie Abrisse kleinerer Rutschungen, Stellen, an denen die Grasnarbe durch Viehtritt beschädigt wurde oder vegetationsfreie Flecken hinter Steinen, die durch Solifluktion hangabwärts bewegt wurden, besiedelt. Gerade die letztgenannten Standorte bieten der Lärche, deren Feuchtigkeitsbedarf bei der Keimung sehr groß ist, auf zur oberflächlichen Austrocknung neigenden Hangpartien dadurch Vorteile, daß sich nach jedem Regen hinter dem vorgelagerten Stein Wasser staut und so eine bessere Bodendurchfeuchtung bewirkt wird. Dort, wo die Lärche als Pionier den Baumwuchs eingeleitet hat, dringen nach einiger Zeit der Boden- und Humusentwicklung als Schattholzarten Zirbe oder Fichte ein. Daher läßt sich auf Mur- und Schuttkegeln sehr häufig eine nach Arten getrennte Etagenstruktur erkennen. Von den Schattholzarten wird die Lärche dann nach und nach verdrängt.

An stark besonnten, windexponierten Standorten mit einer geringen winterlichen Schneebedeckung ist die Lärche sehr leicht Frosttrocknisschäden ausgesetzt. Die Untersuchungen von PISEK (vgl. AULITZKY 1963) ergaben, daß Lärchen sowohl benadelt als auch unbenadelt sehr große Wassermengen abgeben. Bei starker Erwärmung und Bewindung kann die Wasserabgabe so gesteigert werden, daß die verlorenen Mengen aus dem gefrorenen Boden nicht mehr ersetzt werden können – Triebe und Zweige trocknen völlig aus.

Wegen der winterlichen Entnadelung ist die Lärche dem Schneepilzbefall nicht ausgesetzt. Sie könnte daher auf Standorten mit langer Schneebedeckung und weitgehend fehlender Frosttrocknisgefahr erwartet werden. Hier treten aber benachteiligend häufig Schneedruckschäden auf, die durch das langsame, aber stetige Gleiten des Schnees bewirkt werden und die sogenannten „Säbelwuchsformen" hervorrufen. Gegenüber der Zirbe, die hier leicht von Schneeschüttepilzen befallen wird und dem Schneedruck meist nicht standhalten kann, weil sie im mittleren Alter ihre jugendliche Elastizität verliert und mit dem flachen Wurzelsystem noch nicht fest genug verankert ist, ist die Lärche auf diesen Standorten freilich begünstigt. Zuwachsverluste, aber kein völliges Absterben ruft die periodisch wiederkehrende Massenvermehrung des grauen Lärchenwicklers *(Semasia diniana)* in den befallenen Beständen hervor. In reinen Lärchenbeständen breitet sich dieser Kleinschmetterling plötzlich und dann sehr schnell aus. Nach 2–3 Jahren bricht die Massenvermehrung ebenso rasch wieder zusammen. Zwischen 1954 und 1957 wurden auf diese Weise in den südlichen, weniger in den nördlichen Tauerntälern große Schäden hervorgerufen. Zur Vernichtung größerer Bestände vor allem an der Waldgrenze ist es jedoch nicht gekommen (vgl. JAHN und SINREICH 1960).

## Die Fichte *(Picea excelsa)*

Waldgrenzbildend tritt uns die Fichte im Glocknergebiet vor allem in den feuchteren unteren Talabschnitten der nördlichen Täler entgegen. Dort, wo sie in den Talschlüssen, wie beispielsweise im Ferleitental, in größeren Beständen an der Waldgrenze erscheint, ist diese mit Sicherheit um ca. 200 m durch Weidewirtschaft und rücksichtslose Holznutzung gesenkt worden. Auf der trockeneren Süd-Abdachung bevorzugt die Fichte besonders die feuchteren Standorte und Lagen, die häufig durch Kondensationsniveaus gekennzeichnet sind. In der Umgebung von Ferleiten erreichen gut gewachsene Fichten ihre Obergrenze in 1850–1920 m, im Kalser und im Mölltal bei 2050 m. Fichtenjungwuchs läßt sich auf der Südseite am Kals-Matreier-Törl bis in Höhen von 2220 m und auf der Nordseite bis in 2050–2100 m beobachten.

Da Aufforstungen auch in Hochlagen heute sehr häufig mit Fichten vorgenommen werden, folgt ihre Verbreitung oft weniger ökologischen als wirtschaftlichen Grenzen. Auf die weidewirtschaftlich bedingte Verdrängung der Fichte aus dem subalpinen Fichten-Lärchen-Wald wurde bereits hingewiesen. Die auffallende Standortdifferenzierung



Bild 6: Täurerberg oberhalb Heiligenblut (14. 5. 67).

am Täurerberg oberhalb von Heiligenblut (Bild 6) ist ein weiterer Beleg für die anthropogen bestimmte Auslese. Am unteren Hang in der Umgebung der Höfe, Felder und Wiesen dominiert die Lärche auf den meist als Heimweide benutzten steileren Hangpartien. Die recht gut durchforsteten Wälder unterhalb der Glocknerstraße sind fast reine Fichtenbestände. Erst an der Waldgrenze nimmt der Lärchenanteil wieder zu.

Die Fichte besitzt von allen Holzarten der Waldgrenze die geringste Frosthärte, die aber immer noch so groß ist, daß reine Erfrierungsschäden selten sind. Weit häufiger weist sie an sonnen- und windexponierten Standorten Frosttrocknisschäden auf. Großer Windbeanspruchung und starkem Schneedruck ist die flachwurzelnde, unelastische Fichte kaum gewachsen. Ähnlich wie die Zirbe ist sie an sehr lange schneebedeckten Standorten durch Schneepilze, besonders *Herpotrichia juniperi*, gefährdet. Viehverbiß, durch den die Funktion des Haupttriebes immer wieder von Nebentrieben übernommen werden muß, läßt die auf fast allen Weiden anzutreffenden „Kollerbüsche" entstehen.

### Latsche *(Pinus mugo)*, Grünerle *(Alnus viridis)*, Grauerle *(Alnus incana)*, Birke *(Betula pubescens)*, Bergahorn *(Acer pseudoplatanus)*, Esche *(Fraxinus excelsior)*

Von diesen Holzpflanzen wächst nur die Grauerle im Glocknergebiet in größeren Beständen. Sie bildet auf den Mineralböden der Talsohlen typische Auwälder, die vielfach bereits eine Sukzession zum Fichtenwald andeuten. Alle anderen oben genannten Holzgewächse treten nur vereinzelt auf oder können aufgrund ihrer Wuchsform keine Wälder bilden (z. B. Latsche). Sie treten aber häufig im Bereich der aktuellen Waldgrenze und darüber auf und sind daher in die Beschreibung der Ökologie dieses Höhengrenzsaumes mit einzubeziehen.

Im größeren Bestand wächst die Grauerle zusammen mit Birken, Grünerlen und vereinzelt auch mit Bergahorn in der Boggenei (Fcrleitental) bis in 1600 m und am südexponierten Hang des Käfertales (Fcrleitental) bis in 1780 m Höhe. Hier sind es die

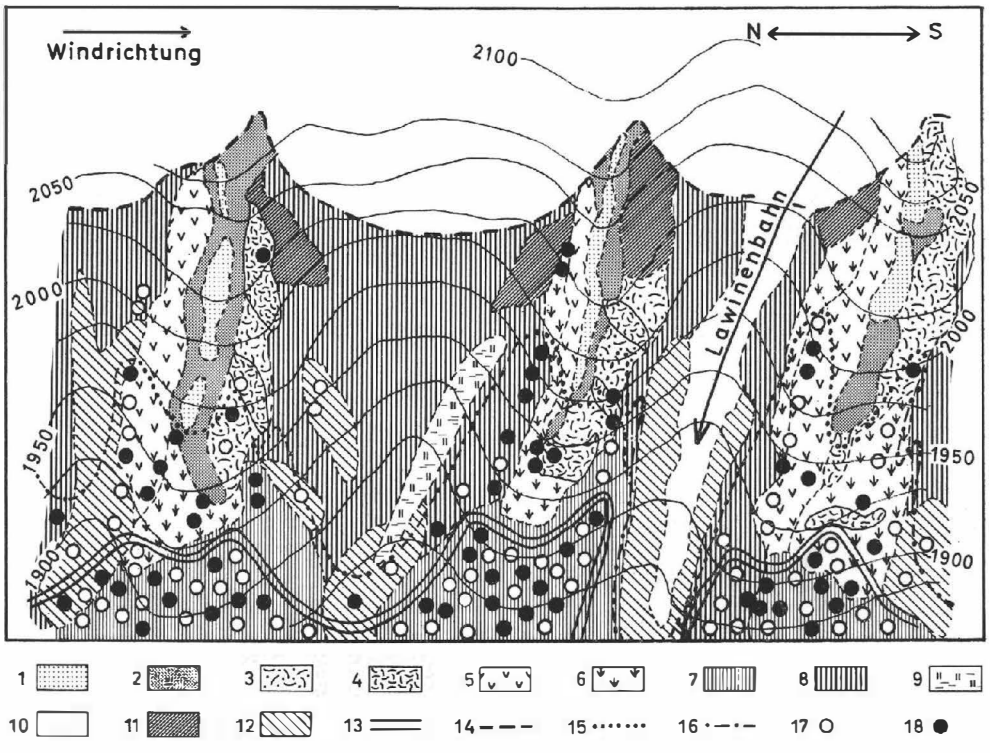



Abb. 4: Schema des Ökotopgefüges an der oberen Waldgrenze, abgeleitet von den Verhältnissen im Dorfer Tal und im Ferleitental in Anlehnung an AULITZKY (1963).

1. Gemsheide *(Loiseleuria procumbens)*, 2. Bärentraube und Besenheide *(Arctostaphylos uva-ursi* und *Calluna vulgaris)*, 3. Zwergwacholder und Preiselbeere *(Juniperus communis* und *Vaccinium vitis idaea)*, 4. Zwergwacholder (*Juniperus communis)*, 5. Moorbeere und Krähenbeere (*Vaccinium uliginosum* und *Empetrum hermaphroditum)*, 6. Moorbeere und Heidelbeere *(Vaccinium uliginosum* und *Vaccinium Myrtillus)*, 7. Rhododendron und Heidelbeere *(Rhododendron ferrugineum* und *Vaccinium Myrtillus)*, 8. Rhododendron *(Rhododendron ferrugineum)*, 9. Muldenrasen *(Nardus stricta)*, 10. Schutt, vegetationsfrei, 11. Latsche *(Pinus mugo)*, 12. Grünerle *(Alnus viridis)*, 13. Waldgrenze (aktuelle), 14. Baumgrenze (klimatisch), 15. Jungwuchsgrenze bei zu starker Bewindung und Frosttrocknis- bzw. Hitztrocknisgefahr, 16. Jungwuchsgrenze bei zu langer Schneebedeckung oder Lawinengefahr, 17. Lärche *(Larix decidua)*, 18. Zirbe *(Pinus cembra)*.

Bergsturzmassen der Bissteine, dort die wasserzügigen Grenzbereiche zwischen interstadialen Breccien und auflagerndem Schutt- und Moränenmaterial des Boggeneigletschers (CORNELIUS und CLAR 1935). Beide Standorte sind außergewöhnlich stark lawinengefährdet; diesen Bedingungen sind Erlen und Birken dank der Elastizität ihrer Stämme sehr gut angepaßt. In der Boggenei liegt insofern noch eine Besonderheit vor, als hier das ständig aus dem Teufelsmühlkees ernährte Boggeneikees, heute in ca. 1910 m endend, zufolge seiner Seitenmoränen 1850 sicher bis auf 1640 m herabgereicht haben muß (1928 bei 1735 m). Vermutlich sind die Eismassen 1850 in den Wald vorgestoßen, sichere Anzeichen haben sich dafür aber nicht finden lassen. Einige Fichten an weniger lawinengefährdeten Stellen und Fichtenjungwuchs in den Erlenbeständen lassen vermuten, daß auch hier die ursprünglich vorherrschende Fichte, durch intensive Beweidung zurückgedrängt, schließlich durch zunehmende Lawinengefahr und den vorstoßenden Gletscher weitgehend vernichtet wurde. Die der natürlichen Konkurrenz beraubten Erlen konnten sich so wieder stärker verbreiten. Noch heute werden die Erlen- und Birkenbestände beweidet, wodurch eine sehr starke Überdüngung des Bodens eintritt, die ein Eindringen der Fichte wiederum erschwert.

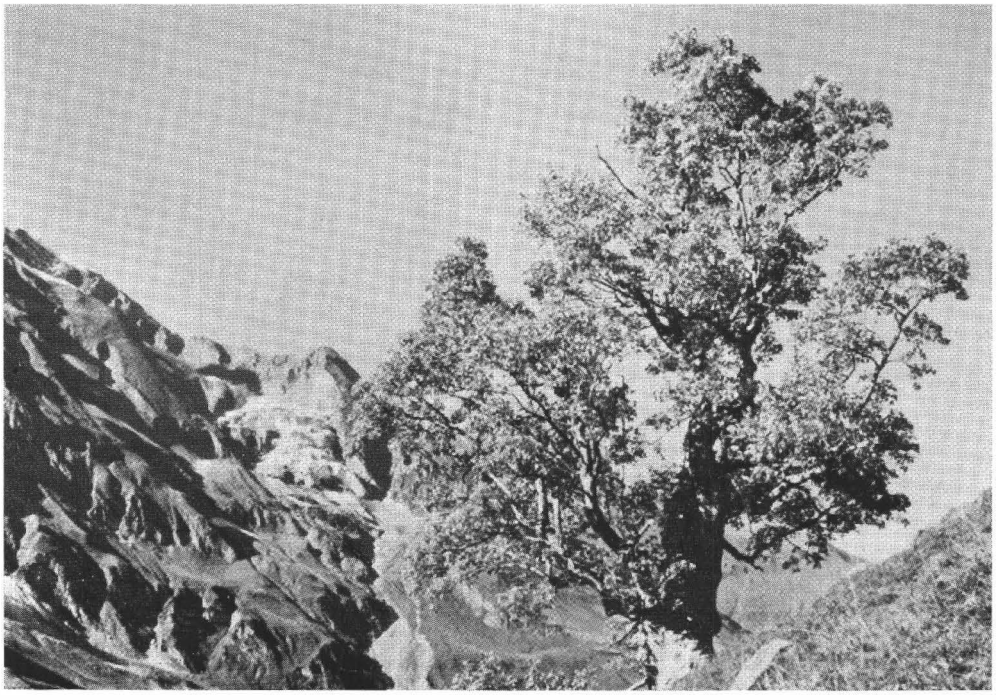


Bild 7: Bergahorn bei der Taureralm im Fuscher Tal (28. 9. 67).

Steile Felshänge, Schutthalden, Bergsturzflächen und Lawinengassen werden mit Vorliebe von Latschen und Grünerlen besiedelt. Die Standortansprüche beider Holzarten unterscheiden sich dahingehend, daß die Grünerle feuchte Schluchten und Hänge bevorzugt, die trockeneren Hang- bzw. Felspartien hingegen der Latsche überläßt. Diese fehlt auf feuchten Standorten jedoch keineswegs, wie die Moore im hinteren Stubachtal beweisen; nur dort, wo die etwas anspruchsvollere Grünerle die größere Konkurrenzkraft besitzt oder durch zu lange Schneebedeckung Schneeschimmelpilze *(Herpotrichia nigra)* die Nadeln der Latsche befallen, fehlt sie. Beide Holzarten scheinen sich im Glocknergebiet gegenseitig entsprechend der edaphischen Verhältnisse zu ersetzen. Nährstoffreichere, feuchte und lange schneebedeckte Böden bevorzugt die Grünerle, auf nährstoffärmeren, trockeneren, windexponierten und weniger lang schneebedeckten Böden wächst die Latsche. Beispiele hierfür lassen sich zahlreich im Ferleitental, aber auch im Dorfer Tal (vgl. Abb. 3) antreffen. Als außerordentlich frostharte Holzart und beliebter Schattenbaum auf Almweiden muß noch der Bergahorn genannt werden (Bild 7).

## Die Physiognomie der oberen Waldgrenze als Ausdruck klima-ökologischer Differenzierung

Überall im Bereich der Waldgrenze läßt sich, vom Tal heraufkommend, eine Abnahme des Höhenwachstums der Bäume beobachten. Zugleich lichten sich die Bestände, die Baumkronen berühren sich immer seltener. Schließlich löst sich der Wald in einzelne Baumgruppen oder gar in wenige einzeln stehende Bäume auf, deren Wuchsformen ein vielfaches Zeugnis von den rauhen klimatischen Bedingungen dieser Höhenzone ablegen.

Bedeckt der Wald in den unteren Talregionen, abgesehen von eingestreuten Wiesen oder Weiden, gleichmäßig den Hang, ohne bestimmte Geländeformen zu bevorzugen und andere zu meiden, so zeigt sich im Bereich der Waldgrenze, daß der Baumwuchs

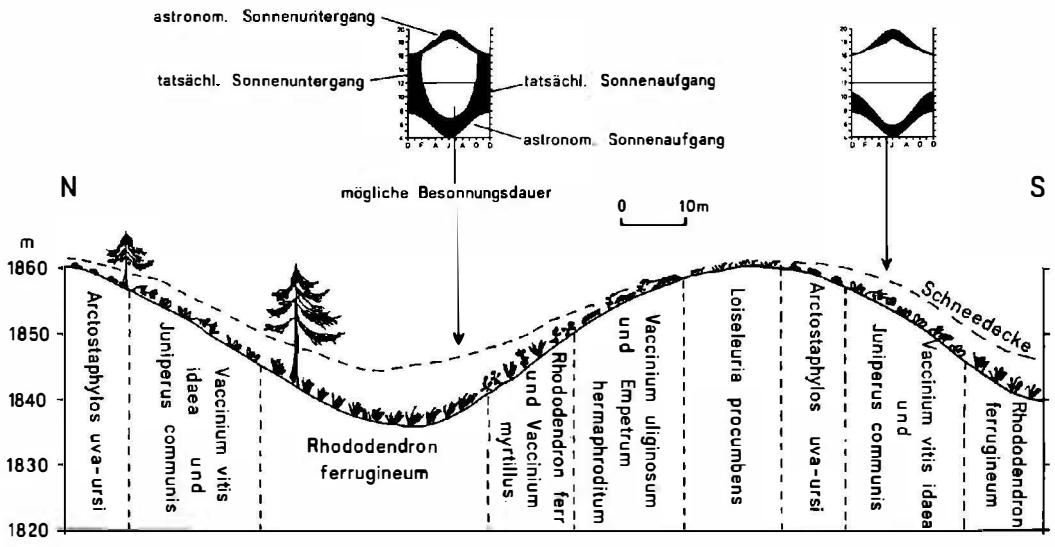



Abb. 5: Subalpine Zwergstrauchgesellschaften am W-Hang des Ferleitentales (Durcheckalm).

in Mulden und Bacheinschnitten zurückbleibt, auf Rücken und Rippen hingegen oft noch mehrere hundert Meter in die Höhe reicht. An der Waldgrenze weicht die höhenzonale Anordnung der relieforientierten, die bei einem raschen Wechsel von Mulden und Rippen sehr gut in der Differenzierung der Zwergstrauchheiden zum Ausdruck kommt (vgl. Bild 8, Abb. 3 und 4). Der natürlich aufkommende Jungwuchs folgt in sehr gesetzmäßiger Weise diesen mikroklimatisch bedingten Anordnungen (AULITZKY 1963, FRIEDEL 1967).

Diese in Abb. 4 schematisch dargestellte Differenzierung beruht auf relieforientiert unterschiedlichem Zusammenwirken von Wind und Strahlung. Drei kleinklimatische Standortgrundtypen können wir unterscheiden: Frosttrocknis-Flächen, Hitztrocknis-Flächen und Langschnee-Flächen (FRIEDEL 1965 und 1967).

In der Feldschicht sind die Frosttrocknis-Flächen durch das Vorherrschen der Gemsheide *(Loiseleuria procumbens)* und der Bärentraube *(Arctostaphylos uva-ursi)* gekennzeichnet, zu denen sich die Besenheide *(Calluna vulgaris)* oft hinzugesellt (Abb. 4 und 5). Die Pflanzengesellschaften, für die diese Leitarten charakteristisch sind, besiedeln windexponierte Hänge, Rücken und Grate mit windbedingt geringer oder fehlender winterlicher Schneebedeckung. Die Frosttrocknis-Flächen ergeben sich aus dem lebenseinschränkenden Zusammentreffen der Wirkung des Frostes und des Windes. Die meisten Pflanzen der alpinen und subalpinen Stufe können extreme Kälte kurzfristig gut überdauern. Sie werden erst dann geschädigt, wenn durch starke Windeinwirkung die schützende Schneedecke verweht wird und der Frost tief in den Boden eindringen kann. Aus dem gefrorenen Untergrund können die Wurzeln Wasser, das die großen Verdunstungsverluste an den windexponierten Zweigen ersetzen könnte, nicht mehr nachschaffen. Austrocknung und Absterben der betroffenen Pflanzenteile sind die Folge.

Die auffallendsten Schädigungen, die durch die Wirkung von Wind und Frosttrocknis hervorgerufen werden, sind Deformationen der Baumkronen. Diese zeigen eine breite Skala: von der leichten Verbiegung der Zweige auf der windabgekehrten Seite über das einseitige Wachstum auf der Windschattseite (Bild 9) bis zur Fahnenbildung (Abb. 6). Schließlich kann die Windwirkung so groß sein, daß sich über der dünnen winterlichen Schneedecke Wipfel- und Seitentriebe nicht mehr behaupten können. Bodennahe Ersatztriebe übernehmen laufend die Funktion des Haupttriebes (Bild 10), so daß sich oft undurchdringlich dichte verbuschte Windformen bilden – auch Tisch- oder Pultformen genannt – die eine lang auseinandergezogene Tropfenform annehmen



Bild 8: Waldgrenze im Bereich der Mähder unterhalb des Kals-Matreier-Törls (29. 9. 66).

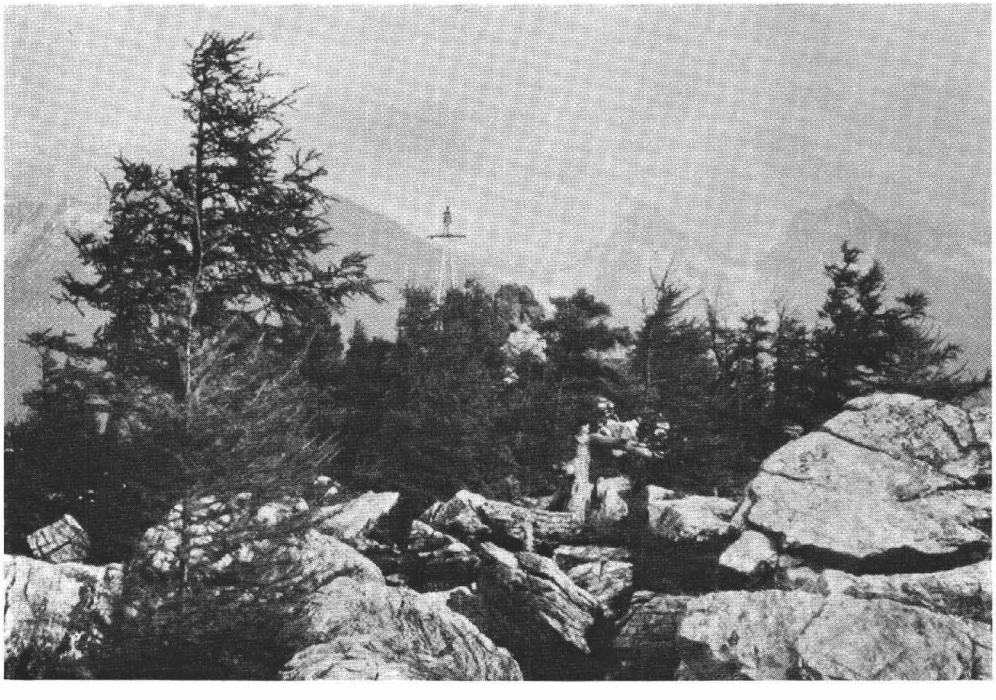


Bild 9: Waldgrenze am Ganotzeck (2065 m) (29. 9. 66).

können. Diese Erscheinung läßt sich in Latschenbeständen des Dorfer und Ferleitentales (Osthang) mehrfach beobachten. Die vom Wind mitgeführten Schnee- und Eiskristalle rufen in Form des sogenannten Eisgebläses mechanische Schädigungen hervor, die zu einem erheblichen Teil die oft messerscharfe „Oberfläche" dieser Tischformen bedingen. Diese Windformen sind geradezu „lebende Schneepegel", die die durchschnittliche Schneedeckenmächtigkeit angeben.

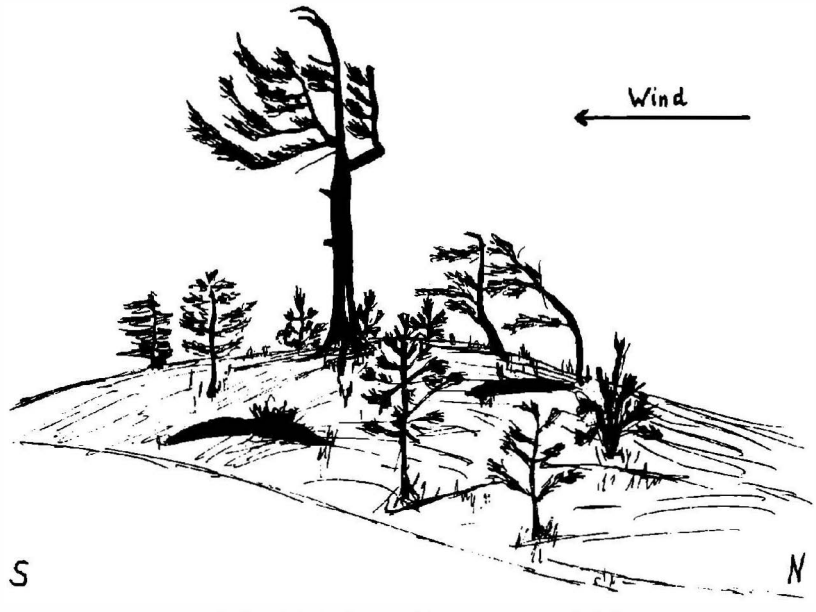



Abb. 6: Winddeformierte Zirbe am Dorfer See

Die vergleichende Beobachtung der Winddeformationen im Waldgrenzbereich der südlichen Täler und des nördlich des Hauptkammes gelegenen Fuscher Tales ergab für letzteres einen eigenartigen Wechsel der Windexposition. Südlich der Tauern und nördlich bis nach Ferleiten hinauf weisen die Kronendeformationen nach Süden, das heißt sie müssen durch nördliche Winde verursacht sein. Dies entspricht ganz der orographisch bedingten Komponente des Gradientwindes in den Tauerntälern. Von Ferleiten taleinwärts bis zur Vögerlalm konnten am Talboden keine, im Waldgrenzbereich dagegen noch nach Süden gerichtete Windfahnen beobachtet werden. Hinter der Vögerlalm jedoch zeigten sich sowohl am Talboden als auch im Waldgrenzbereich Schäden, die von südlichen Winden hervorgerufen sein müssen. Kronendeformationen werden von Winden mittlerer Geschwindigkeit und großer Regelmäßigkeit verursacht. Diese wehen aber nach allen Beobachtungen aus dem nördlichen Quadranten. Die Erklärung liegt vermutlich darin, daß die im Fuscher Tal taleinwärts wehenden Winde etwa bei Ferleiten vom Talboden über stagnierender Kaltluft abgehoben werden, so daß im Talschluß ein Bereich entsteht, in dem südlichen Ausgleichswinden – vielleicht auch dem Föhn, der aber mehr für Windwurf bzw. Windbruch verantwortlich ist – eine stärker deformierende Wirkung zukommt. Für das hintere Ferleitental müßten wir so eine den Gletscherwinden verwandte „Talschlußwindzirkulation" annehmen. Mit der Kaltluftansammlung hat GAMS (1936) bereits das oben erwähnte Ansteigen der Mischwaldstufe im hinteren Ferleitental erklärt (vgl. Abb. 2 und 9). Das Schadensbild dieser vermutlich nicht sehr starken „Ausgleichswinde" wird durch die strahlungsbedingt höheren Verdunstungswerte auf den südlich exponierten Kronenteilen noch verstärkt.



Bild 10



Bild 11

Bild 10: Astwerk einer verbissenen jungen Fichte
Bild 11: Durch Schneekriechen umgelegte junge Fichte am Täurerberg oberhalb Heiligenblut (13. 5. 67).

Die Hitztrocknis-Flächen befinden sich auf den windabgewandten, sonnseitigen Hängen. Zwergwacholder *(Juniperus communis)* und Preiselbeere *(Vaccinium vitis-idaea)* bestimmen diese Standorte. Im Lee der Rippen ist die winterliche Schneebedekkung größer und hält länger an als im Luv. Die Benachteiligung liegt hier weniger in der winterlichen Frosttrocknis als vielmehr in sommerlich starker Überhitzung und Austrocknung. Gerade für den Jungwuchs sind diese Bedingungen sehr ungünstig. Zirbe, Fichte und Legföhre fallen überdies bei der langen Schneebedeckung oft den Schneeschüttepilzen zum Opfer.

Auf der südexponierten Seite der Hangrippen gehen die Wacholder- und Besenheiden mit zunehmender Bodenfeuchtigkeit und Schneebedeckung unter Zurücktreten der Besenheide und bei wachsendem Anteil der rostroten Alpenrose *(Rhododendron ferrugineum)* schließlich in den Mulden in reine Alpenrosenheiden über. Auf der nordexponierten Seite zeigt sich der abnehmende Windeinfluß und die geringer werdende Frosttrocknisgefährdung im Aufkommen der Moorbeere *(Vaccinium uliginosum)*, der Heidelbeere *(Vaccinium Myrtillus)* und der rostroten Alpenrose, von denen letztere in ihren ökologischen Ansprüchen sehr eng an die Langschnee-Flächen gebunden ist. In den Rhododendron-Gesellschaften der Mulden sind die Lebensbedingungen für Zirben- und Fichtenjungwuchs wegen der Pilzbefallgefahr besonders ungünstig. Bei der großen Schneemächtigkeit in den Mulden tritt besonders benachteiligend für Zirbe und Fichte die baumzerstörende Wirkung des Kriechschnees hinzu. An der Schneeoberfläche sind die hangabwärts gerichteten Bewegungen nach TRANQUILLINI (1956) mit durchschnittlich 1 cm pro Tag am größten. Wie am Beispiel der kleinen Fichte im Bild 11 zu erkennen ist, führt der Schneedruck zu starken Verbiegungen der Stämmchen. Bei

weniger elastischen, etwas älteren Exemplaren können die Stämmchen umgebrochen oder gar ganze Bäume entwurzelt werden. Liegt eine Jahr für Jahr erneut wirkende stetige Beanspruchung vor oder führen vom Hang abgehende Lawinen zu einer plötzlichen Zerstörung der Baum- bzw. Waldbestände, so fehlt oft bis zum Talboden jeder Baumwuchs; lediglich Grünerlen und Latschen sind der ständig wiederkehrenden plötzlichen Belastung gewachsen. Auf den Talböden zeigt sich an Lawinenkegeln die nachlassende Wirkung der abbrechenden Schneemassen sehr deutlich darin, daß der Baumwuchs mit zunehmender Entfernung vom Ablagerungsort der Lawinen höher und aufrechter wird (Abb. 7).



Abb. 7: Wuchsformen der Lärche am Rand einer Lawinengasse.

Die Strahlungsunterschiede zwischen den Hitztrocknis-Flächen und den Langschnee-Flächen sind in Bodennähe außerordentlich groß. Wie die Diagramme in Abb. 5 am Beispiel einer Hangrippe auf der westexponierten Durcheckalm (Ferleitental) zeigen, wird der nordexponierte Hangfuß von Mitte Oktober bis Mitte Februar zu keiner Tageszeit direkt beleuchtet; in den übrigen Monaten ist die tatsächlich mögliche Besonnungsdauer mit Ausnahme einer morgendlichen Verzögerung am nordexponierten Hang um 1 Stunde überall gleich. Die Besonnungsdauer besagt zwar noch nichts über die Strahlungsintensitäten, sie läßt sich jedoch unter Berücksichtigung von Hangneigung und Exposition sehr gut als Indikator für diese schwer zu fassende Größe benutzen (TURNER, 1966; FRIEDEL, 1967; BÖHM, 1966). Die starke winterliche Beschattung hat ein spätes Ausapern dieser Flächen zur Folge. Dadurch wird die in der Höhe ohnehin kurze Vegetationsperiode gegenüber dem früher ausapernden südexponierten Hang verkürzt. Dieser kann wiederum bei zu geringer Schneebedeckung zu zeitig ausapern, so daß Frosttrocknisgefährdung besteht. Am nordexponierten Hang verursacht die späte Schneeschmelze eine starke Vernässung des Bodens; außerdem erreicht hier während der Vegetationszeit die Assimilation der Pflanzen wegen des späteren Sonnenaufgangs und der schräg einfallenden Sonnenstrahlen ihr Temperaturoptimum später als am Gegenhang.

Ein weiteres Beispiel für die geländebedingt sehr großen Beschattungs- und damit auch Strahlungsunterschiede zeigt in Abb. 8 eine Aufnahme vom Piffkarschneid in der Umgebung des Pfalzkopfes. Der steile nord- bis nordostexponierte Hang trägt bis 1950 m einen dichten Zirben-Lärchen-Wald mit Rhododendren im Unterwuchs, die gegen den Grat in Latschenbestände übergehen. Die in der Krautschicht aufwachsenden Zirben (etwa 1 m) deuten die natürliche Verjüngung auf diesem Standort an. Dichtes Grünerlen- und Latschengebüsch bildet den Übergang von dem scharf begrenzten Wald zu den offenen Weideflächen der Mulde. In ihr reißt hangaufwärts die geschlossene Grasdecke immer mehr auf, bis schließlich fast vegetationsfreie Flächen überwiegen, auf denen der Bodenabtrag sehr groß zu sein scheint. Hier breiten sich bis in über 2150 m Höhe etwa 1 m hohe Lärchen aus, von denen die meisten durch Schneekriechen (Säbelwuchs) beschädigt sind. Zum Muldentiefsten hin setzt der Lärchenjungwuchs

plötzlich aus, an den wasserzügigen Stellen wachsen nur noch einige Grünerlen. Das Gedeihen der Lärche wird hier offensichtlich durch die zu lange Beschattung beeinträchtigt. Von Mitte September bis Mitte März liegt dieser Teil des Hanges völlig im Schatten, in den übrigen Monaten ist die durch die Horizontbegrenzung hervorgerufene Benachteiligung im Vergleich zu den höher bzw. tiefer gelegenen Standorten vormittags unmerklich, abends beträgt sie jedoch durchschnittlich 2 Stunden. Der für das Wachstum der Lärche notwendige Lichtgenuß scheint hier nicht mehr gegeben zu sein. Beeinträchtigungen durch zu lange Schneebedeckung und Schneekriechen kommen hinzu.

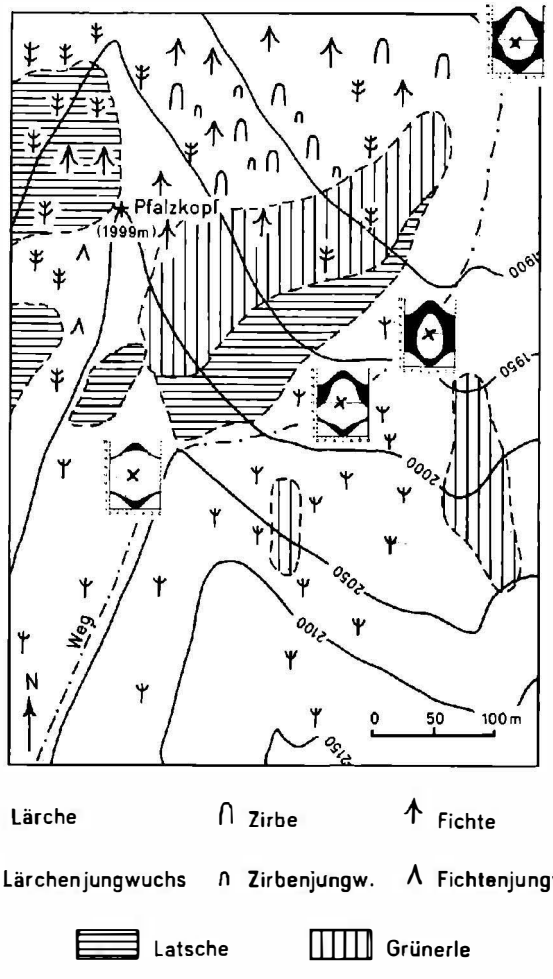



Abb. 8: Vegetation und Beschattung am Piffkarschneid (Ferleiten).

Die dargestellten klimaökologischen Gegensätze zwischen Mulde und Rücken bedingen die auffallende Physiognomie der oberen Waldgrenze. In den geländeklimatisch am stärksten benachteiligten Vertiefungen bleibt der Wald zurück, auf den begünstigteren Rücken steigt er in die Höhe. Ungestört ist dieses Bild nur dann, wenn der Wald den Gegensatz zwischen Hitz- und Frosttrocknis-Flächen auszugleichen vermag. Wie dies möglich ist, läßt sich an dem weiter in die Höhe vordringenden natürlichen Jungwuchs – wie in Abb. 4 schematisch angedeutet – beobachten. Die Verteilung des Jungwuchses entlang einer Hangrippe erscheint stark asymmetrisch, in den Moorbeeren- und Heidelbeergesellschaften ist er häufiger anzutreffen als auf den mit Bärentraube und Besenheide bestandenen Hitztrocknis-Flächen. Bei letzteren wirkt neben der

Trockenheit das Fehlen der feuchtigkeitsbedürftigen Mykorrhiza-Pilze begrenzend; auf deren Symbiose sind die Holzarten der Waldgrenze jedoch weitgehend angewiesen. Diese Verhältnisse kann der auf der windexponierten Seite aufkommende Jungwuchs modifizieren, wenn er mit zunehmendem Höhenwachstum das Bodenwindfeld anhebt und dadurch eine verstärkte Schneeakkumulation veranlaßt. So können die Frosttrocknis-Flächen verkleinert und andererseits der Wasserhaushalt der Hitztrocknis-Flächen verbessert werden. Eine stärkere Schneeanhäufung im Lee der Rippen begünstigt jedoch den Pilzbefall und vermehrt die Schneekriechschäden. Vermag sich an diesen Stellen die Lärche durchzusetzen, so kann dies allmählich zu einem Ausgleich führen, der bei geringerer Schneebedeckung der Mulden auch in diesen das Aufkommen von Jungwuchs ermöglicht. Auf diese Weise kann ein Bestand bergwärts wandern, wobei aber die asymmetrische Bestockung der Rücken erhalten bleibt.

## Die Umgestaltung der Waldgrenze durch wirtschaftliche Eingriffe

Die dichte Besiedlung der Alpentäler hat im Verlauf der Jahrhunderte eine immer stärkere Beanspruchung und Umgestaltung des Waldes zur Folge gehabt. Wir sind heute geneigt, manche Erscheinungen gerade im Bereich der Waldgrenze für natürlicher zu halten, als sie es vielleicht sind. Die Physiognomie des Waldgrenzbereichs in den Alpen ist weithin die Physiognomie eines Teiles der bergbäuerlichen Wirtschaftslandschaft, in der sich nur noch an wenigen Stellen mit großer Mühe natürliche Verhältnisse rekonstruieren lassen. So ist es fraglich, ob die allmähliche Auslichtung der Wälder und schließlich die Auflösung des Waldes in einzeln stehende Bäume natürlich oder nicht vielmehr anthropogen bedingt ist. Ist vielleicht eine Auflösung des Waldes in Gruppen, die die edaphisch und mikroklimatisch begünstigten Standorte besiedeln, natürlich? Sind Krummholz- und Zwergstrauchgürtel natürliche Höhenzonen im dreidimensionalen Vegetationsaufbau der Alpen (vgl. SCHIECHTL, 1967; MAYER u. a., 1967)? Diese Fragen können nur die Schwierigkeit, vor der wir uns befinden, wenn wir den Einfluß der bergbäuerlichen Wirtschaft auf den Verlauf der Waldgrenze betrachten wollen, andeuten. Wir dürfen dabei den Menschen nicht als einen Faktor unter anderen in einem biologischen System sehen; wir müssen vielmehr sein Einwirken auf ein biologisches System erfassen, das aus sich heraus bestrebt ist, das gestörte Gleichgewicht wiederherzustellen.

Die mögliche Tragweite eines Eingriffes im Bereich der oberen Waldgrenze möge folgende Überlegung verdeutlichen: die natürliche Wiederbewaldung einer Fläche, die in wenigen Tagen geschlagen werden kann, bedarf unter günstigen Verhältnissen einer Zeit von 6–10 Generationen. Bis ins 19. Jahrhundert war die Praktik der Kahlschläge im Glocknergebiet weit verbreitet und die Vorschrift, Samenbäume zu erhalten, wurde meist nicht beachtet. Wenn wir heute überall im Glocknergebiet oberhalb der aktuellen Waldgrenze Anzeichen einer natürlichen Wiederbewaldung erkennen können, so ist dies weniger ein Zeichen einer Klimaverbesserung als vielmehr ein Hinweis auf die geringere Intensität menschlicher Eingriffe.

Allgemein läßt sich im Glocknergebiet beobachten, daß dort, wo Almen direkt über den Berghöfen liegen, wie etwa bei Heiligenblut, der Waldgürtel sehr schmal und zerrissen ist, weil der Wald durch Rodungen sowohl von unten als auch von oben stark zurückgedrängt worden ist. In den südlichen Seitentälern und in den Talschlüssen der Nordabdachung, also überall dort, wo sich keine Dauersiedlungen befinden, bedeckt der Wald mehr oder weniger geschlossen die Hänge bis hinauf zu hochgelegenen Verflachungen (zwischen 1900 m und 2000 m), an deren Kanten er meist sehr scharf begrenzt ist (z. B. Fuscher Tal: Lengfeld; Dorfer Tal: rechter Hang oder Moa-Alm; Mölltal: Roßalm). Boten die Hänge günstige Voraussetzungen für die Mahd, wie etwa in der Ködnitz (Bild 3), sind sie vielfach völlig entwaldet.

Hat schon die bergbäuerliche Wirtschaft durch den Bau von Wohn- und Wirtschaftsgebäuden, von Brücken und Uferbefestigungen, durch die Anlage von Zäunen sowie

bei der Verarbeitung der Milch auf den Almen (Einzelsennerei vorherrschend!) und für Heizzwecke einen sehr hohen Eigenbedarf an Holz, so ist die Beanspruchung der Wälder durch den mittelalterlichen Bergbau oft bis ins Extrem gesteigert worden. Landesherrliche Waldverordnungen des ausgehenden Mittelalters haben den Wald an vielen Stellen vor der völligen Vernichtung bewahren können. SÖLCH (1933) und PREUSS (1939) rechnen im Glocknergebiet mit einer anthropogen bedingten Erniedrigung der oberen Waldgrenze von 100–150 m seit dem Mittelalter. Welche Flächenverluste noch in jüngster Zeit im Bereich der Glocknerkarte zu verzeichnen sind, ergibt ein Vergleich der Karten von 1870 und 1928. In diesen 58 Jahren ist für die linke Seite des Ferleitentales eine Reduzierung der Waldfläche von 1870 um 42 % zu verzeichnen. Ein vergleichbar hoher Wert (43 %) läßt sich nur noch für die nähere Umgebung von Heiligenblut errechnen. In allen anderen Tälern schwanken die Werte um 20 %. Der Flächenzuwachs, der im gleichen Zeitraum durchschnittlich 10 % beträgt, kann die Verluste kaum aufwiegen. Während wir es hier vorwiegend mit Genossenschafts-, Alm- oder bäuerlichem Privatwald zu tun haben, sind für die Staatswaldungen des Stubachtales nur geringfügige Veränderungen zu vermerken.

Neben der direkten Holzentnahme hat die bergbäuerliche Wirtschaft den Wald in Form der Waldweide genutzt, mit der heute noch zahlreiche Wälder belastet sind. Auf die selektive Rodung und die Begünstigung der Weichhölzer wurde bereits hingewiesen. Nachhaltiger und schwerwiegender sind jedoch die durch den Viehtritt hervorgerufene Bodenverdichtung, die nicht nur eine Einschränkung aller mikrobiologischer Aktivitäten, sondern auch eine Verminderung der Wasseraufnahme des Bodens nach sich zieht. An Viehsteigen und Lagerplätzen benötigt Regenwasser 10–15mal mehr Zeit zum Versickern als unter natürlichen Bedingungen.

Eine ebenso schädliche und in allen Tauerntälern ehemals verbreitete Nutzungsart des Waldes ist die Streuentnahme. Dadurch werden dem Boden nicht nur wichtige Nährsalze entzogen, sondern auch zahlreiche Kleinlebewesen, die die Umwandlung organischer Substanzen vornehmen. Eine Verarmung der Böden ist die Folge.

Noch heute ist im Kalser Tal das Schneiteln von Esche und Ahorn zum Zweck der Laubheugewinnung verbreitet. Im Pinzgau wurden auch Fichten zur Gewinnung von Aststreu geschneitelt. Diese beiden Nutzungsformen sind jedoch mehr auf die Wälder in Siedlungsnähe beschränkt gewesen.

Diese und andere Eingriffe des Menschen in den Naturhaushalt sind in ihrer Intensität zeitlich und räumlich sehr unterschiedlich und wirken sich immer auf die dynamische Ordnung des Ganzen aus. In kurzer Zeit, und die ist notwendig, um viele Täler der Dauerbesiedlung zu erhalten, kann das gestörte Gleichgewicht nur unter Einsatz aller technischer Mittel wiederhergestellt bzw. in ein technisch erzwungenes Quasigleichgewicht verwandelt werden. Ein richtig verstandener Natur- und Landschaftsschutz sollte seine Aufgabe darin sehen, hierfür geeignete Maßnahmen zu finden.

## Veränderungen der Höhengrenzen im Glocknergebiet seit dem Postglazial

Die klimatischen Höhengrenzen, wie sie in Abb. 9 schematisch dargestellt sind, sind das Ergebnis einer mehrtausendjährigen Entwicklung mit zahlreichen Rückschlägen. Wenn wir heute oberhalb der klimatischen Baumgrenze auf vermodernde Baumstümpfe stoßen oder in Moränen verschüttete Stämme antreffen, so sind dies zunächst nur Hinweise auf eine damals höhere Lage dieser klimatischen Grenzlinie. Von der Annahme einer Parallelität aller Höhengrenzen ausgehend, schließen wir meist auf eine entsprechende Veränderung auch der klimatischen Waldgrenze. Bei der Betrachtung längerer Zeiträume mag dies gültig sein, bei kürzeren muß jedoch Vorsicht geboten werden, weil die natürlichen Prozesse im Waldgrenzbereich langsamer ablaufen als an der erheblich dynamischeren Baumgrenze. Können wir heute im Vergleich mit den Ergebnissen von GAMS (1936) ein Ansteigen der Baumgrenze um durchschnittlich 30–50 m beobachten, so ist eine entsprechende Verschiebung der Waldgrenze, abgesehen

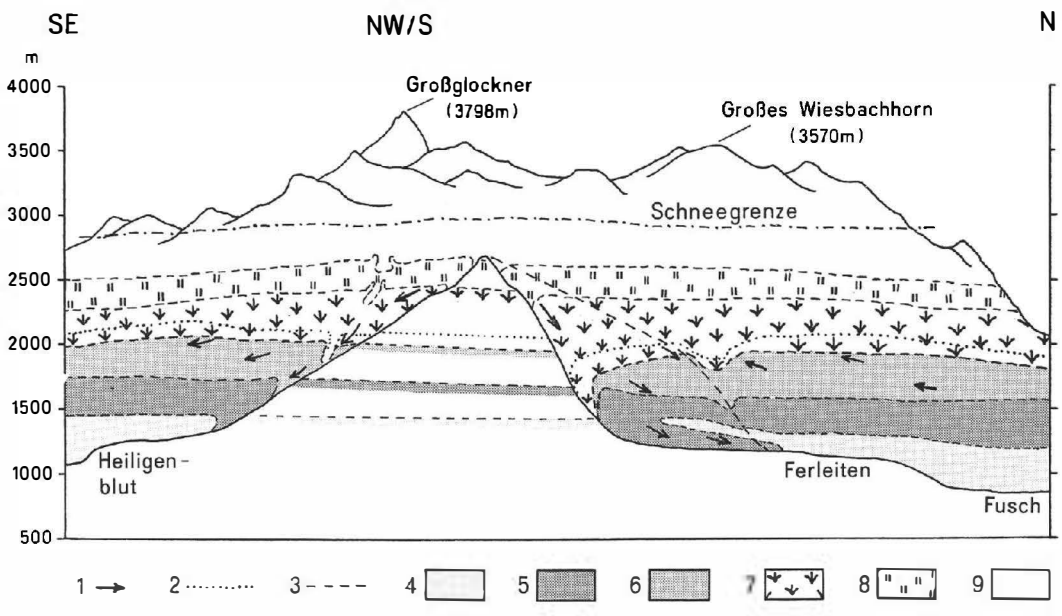



Abb. 9: Höhenstufen der Vegetation im N–S–Profil Fusch-Heiligenblut.
1. Richtung kronendeformierender Winde, 2. Baumgrenze, 3. Waldgrenze, 4. Mischwaldstufe, 5. Fichtenstufe, 6. Subalpine (Lärchen-Arven-) Stufe, 7. Zwergstrauch-Stufe, 8. Grasheiden-Stufe, 9. Nivale und subnivale Stufe.

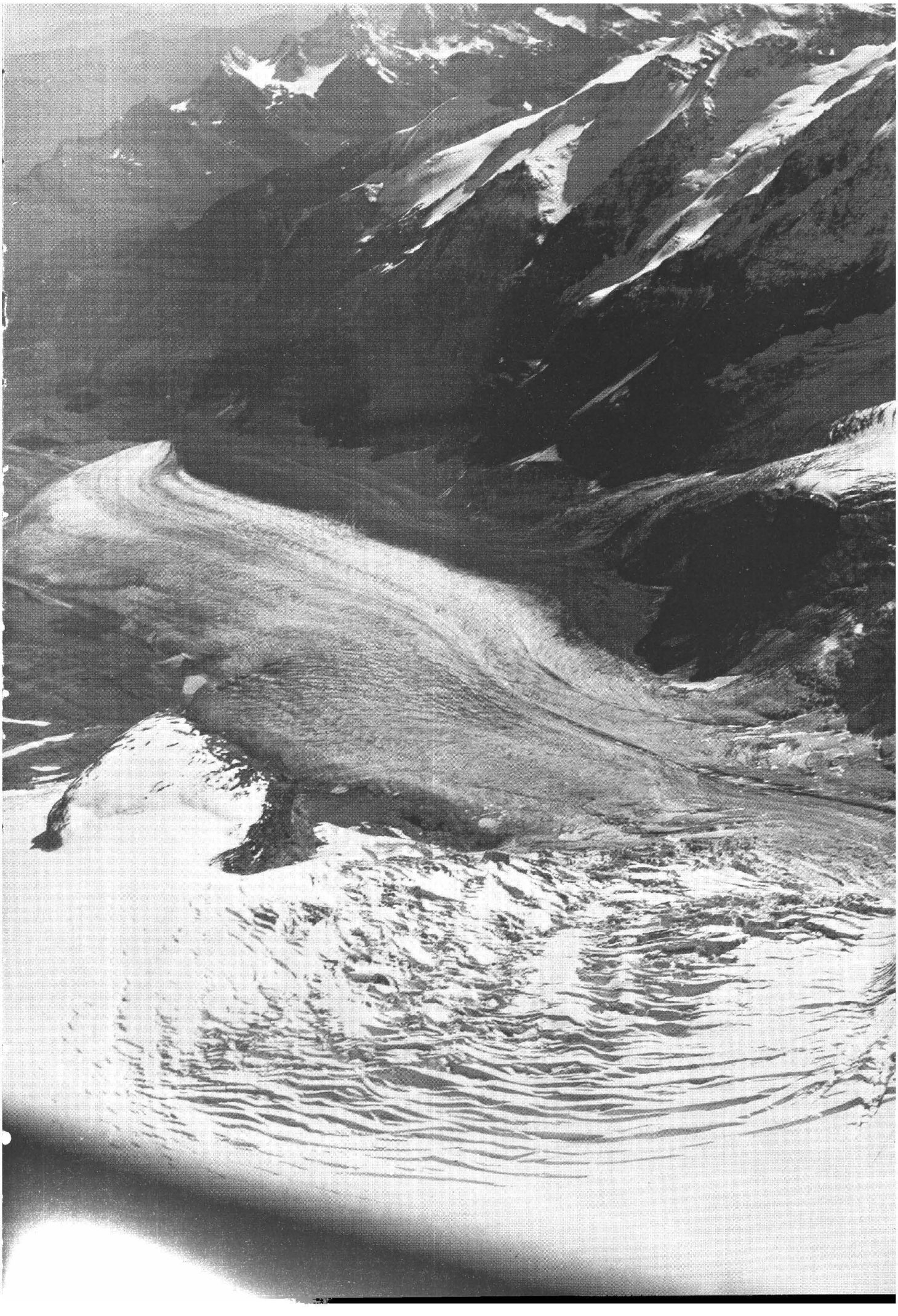
von Aufforstungen nirgends festzustellen; dafür ist einfach der Zeitraum von nicht ganz 40 Jahren zu kurz. Es kommt hinzu, daß wir hier die Veränderung einer anthropogen beeinflußten „klimatischen" Höhengrenze verfolgen, deren Verhalten zwar klimatisch begünstigt, aber nicht bedingt sein kann. Die immer wieder periodisch auftretenden kleineren Klimaschwankungen, in deren Gefolge wir in historischer Zeit manche Progression und Regression der Gletscher feststellen können, sind sicherlich nicht geeignet, die Höhengrenzen nachhaltig zu beeinflussen (STERN, 1966). Eine Parallelität ergibt sich lediglich in einer verminderten oder vermehrten Zuwachsleistung der Bäume, wie dies FRIEDEL (1937) sehr schön an einem Zirbenstamm aus dem Gößnitztal für die Zeit zwischen 1600 und 1855 nachweisen konnte. Das Aufkommen von spontanem Jungwuchs mag gleichzeitig begünstigt oder gehemmt werden, so daß, wie STERN (1966) belegen konnte, ganze Altersklassen fehlen bzw. außerordentlich stark vertreten sind.

Erst eine langandauernde Behinderung des Jungwuchses durch epochale Klimaverschlechterungen kann auf dem Wege einer Überalterung der Bestände zu einer Senkung von Baum- und Waldgrenzen führen. Bei dieser Entwicklung muß jedoch mit einer erheblichen Phasenverschiebung gerechnet werden. Hochgelegene Moore erlauben durch die Analyse des in ihnen festgehaltenen Pollenniederschlags derartige Veränderungen zu erfassen. Mit dem raschen Gletscherrückgang zu Ende der letzten Eiszeit vor etwa 10 000 Jahren begann eine schnelle Ausbreitung wärmeliebender Pflanzen bis weit über die heutigen Höhengrenzen hinaus. Bildeten zunächst Birke und Kiefer die Waldgrenze, so folgten schon bald Lärche und Zirbe. Ob es zur Bildung eines Krummholzgürtels gekommen ist oder ob dieses nur im Unterwuchs vorhanden war, ist strittig. Um 7000 v. Chr. erreichte auch die Fichte den Bereich der Waldgrenze. In der folgenden, der sogenannten postglazialen Wärmezeit, erreichten alle Grenzen die höchste Lage während der Nacheiszeit. GAMS (1937) nimmt an, daß die damalige Waldgrenze mindestens 400 m über der heutigen gelegen hat. In der Schweiz haben sich bei ähnlichen Untersuchungen jedoch nur unwesentliche Veränderungen ergeben. Und FRITZ (1967) ist nach neueren Arbeiten in Kärnten der Ansicht, daß die Waldgrenzdepression seit der postglazialen Wärmezeit 100–200 m betragen haben muß, aber primär anthropogen und nicht klimatisch bedingt ist. Von zoologischer Seite hat HOLDHAUS

(1954) mehrfach darauf hingewiesen, daß es unter den Käfern zahlreiche Arten gibt, die nur in der Grasheidenstufe des Hochgebirges leben können (z. B. *Carabus alpestris*, *Nebrida atrata*). Diese sind nun eigenartigerweise auch dort anzutreffen, wo sie bei der Annahme einer 300–400 m höher gelegenen postglazialen Waldgrenze fehlen müßten. Die Untersuchungen sind noch zu lückenhaft, um hier gesicherte Ergebnisse erwarten zu können. Mit Sicherheit sind aber regional große Unterschiede möglich.

Die bereits erwähnte zeitliche Verzögerung der Höhenverschiebung gegenüber den auslösenden klimatischen Faktoren wird dadurch bestätigt, daß die größten Höhen erst in der ausklingenden Wärmezeit unter Bedingungen, die den heutigen weitgehend entsprechen, erreicht wurden. Nach Gams (1937) fällt die heutige Grenze der geschlossenen Alpenrosenbestände mit der spätwärmezeitlichen Fichtenwaldgrenze zusammen und die heutige Grenze der Zwergstrauchheiden mit der spätwärmezeitlichen Baumgrenze.

In den vergangenen Jahren häuften sich aus den Alpen Nachrichten über schwere Lawinenschäden, verheerende Vermurungen und plötzliche Wildbachausbrüche. Es ist sicher richtig, wenn als Ursache dieser Katastrophen die rücksichtslose Degradierung der Wälder, besonders im Bereich der oberen Waldgrenze, angeführt wird. Hierin liegt jedoch nicht der alleinige Grund. Klimatische Änderungen, die sich in einer Temperatur- und Niederschlagszunahme äußern und in dem meist starken Gletscherrückgang ihren sichtbaren Ausdruck finden, kommen hinzu. Ähnlichen Klimaschwankungen war der Wald in vergangenen Jahrhunderten auch ausgesetzt. Sie haben sich nur nicht immer so lebensbedrohend ausgewirkt, weil sich der ungestörte Naturhaushalt besser darauf einstellen konnte. Die durch Mahd und Weide, vor allem im Bereich der Waldgrenze, hervorgerufenen Vegetationsveränderungen müssen unter Einsatz aller Mittel rückgängig gemacht werden, sofern dies überhaupt möglich ist, um die Alpentäler als Lebens- und Erholungsraum zu erhalten.



Der Blick aus dem Flugzeug hinab auf den Eisstrom der Pasterze. Aus dem großen Firngebiet des „Obersten Pasterzenboden" fließt das Eis zwischen der Engstelle des Mittleren (links) und Kleinen Burgstall (rechts) hinab, wird im sogenannten „Hufeisenbruch" völlig in Eistürme (Séracs) zerrissen und aufgelöst und formt sich unterhalb zur breiten, regelmäßig geformten Gletscherzunge. Vgl. die Beiträge von H. PASCHINGER und H. TOLLNER. (Flugaufnahme vom 25. 9. 1967, freigegeben vom BMfLV mit Zl. 4.360–RAbtB/69.)

# Zur Geschichte der Pasterzenschwankungen*

Von Gernot Patzelt (Innsbruck)

Zusammenfassung

An künstlichen Aufschlüssen wird die Bodenstratigraphie der Moränen im Vorfeld der Pasterze untersucht. Die Gletscherhochstände von 1856 und 1620 lassen sich auseinanderhalten und neu abgrenzen. Bodenfunde im jüngst eisfrei gewordenen Gelände weisen auf eine gegenüber heute bedeutend kleinere Gletscherausdehnung während des spätmittelalterlichen Klimaoptimums hin. Für zwei Gletscherhochstände, wenig außerhalb der neuzeitlichen Endlagen, ergibt sich stratigraphisch bedeutend höheres Alter und großer Altersunterschied. Beide Moränen sind innerhalb der postglazialen Wärmezeit abgelagert worden. Für den älteren Hochstand wird, analog zu datierten Moränen aus der Venedigergruppe, eine Zeit um 4200 v. Chr., für den jüngeren eine Zeit um 1400 v. Chr. angenommen.

Ganz allgemein sind die Alpengletscher in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts kräftig vorgestoßen und haben um die Jahrhundertmitte ihren letzten Hochstand erreicht. Der kurz danach einsetzende rasche Gletscherrückgang wurde in den Jahren von 1890 bis 1925 durch kleinere Vorstöße mehrmals kurz unterbrochen, erreichte dann aber zwischen 1930 und 1960 nahezu katastrophales Ausmaß. Viele Gletscher haben in dieser Zeit ihre Zungen verloren, ganze Talabschnitte und große Schutt- und Felsflächen sind eisfrei geworden. Eingesunkene und schuttbedeckte Gletscherzungen mit allen Zeichen des fortschreitenden Verfalles sind deshalb heute kennzeichnend für unsere alpine Gletscherlandschaft. Jedem Bergsteiger sind diese Erscheinungen ein vertrautes Bild, die älteren unter ihnen haben den gewaltigen Gletscherschwund der letzten 40 Jahre noch selbst miterleben und beobachten können.

Von den vielen Fragen, die sich angesichts dieser großen und raschen Veränderungen aufdrängen, interessiert auch die Frage nach dem Verhalten der Gletscher in weiter zurückliegenden Zeiträumen. Lassen sich ältere Schwankungen, Hochstandsperioden und Rückzugsphasen genauer erfassen und zeitlich festlegen, bekommen die Ergebnisse auch klimahistorische Bedeutung. Die Gletschergeschichte wird damit zu einem anregenden Kapitel gletscherkundlicher Forschung.

## Die neuzeitlichen Gletscherhochstände der Pasterze

Für die Pasterze hat V. PASCHINGER (1948) während seiner langjährigen Beobachtertätigkeit alle faßbaren Nachrichten und Hinweise auf frühere Gletscherstände gesammelt und darüber in mehreren Arbeiten ausführlich berichtet. Die Pasterze hat die größte Ausdehnung während des letzten Hochstandes im Jahre 1856 erreicht. Seither ist in ihrem Einzugsbereich eine Fläche von ca. 10 km² eisfrei geworden und die Eismassen sind von ehemals 3 Milliarden m³ auf etwa $^2/_3$ zusammengeschmolzen (H. PASCHINGER, 1965). Über dem heutigen Gletscherende war der Eisstrom 1856 mehr als 200 m mächtig.

Die Ausdehnung des Hochstandes von 1856 läßt sich im Gelände über weite Strecken hin gut erkennen. Besonders an den beiden Talflanken über der heutigen Zunge ist die Grenze des damaligen Eisrandes durch Ufermoränen und scharfe Vegetationsgrenzen an den Felswänden sehr deutlich markiert. Im Endmoränenbereich ist jedoch eine solche leicht sichtbare Grenze nicht mehr erhalten. Die Pasterze hat nämlich bei einem starken Vorstoß im 17. Jahrhundert einen ähnlichen Stand erreicht wie 1856. V. PASCHINGER

* Siehe auch Beilage Karte Nr. 1

(1948) setzt den Zeitpunkt mit Hilfe der Berichte von wachsenden Gletschern in den Goldbergbaugebieten der Hohen Tauern auf etwa 1620 fest. Die Endmoränen beider Vorstöße liegen an der Pasterze nahe beisammen, stellenweise auch übereinander und lassen sich oberflächlich oft nicht trennen. Da weder für 1856, noch weniger aber für 1620 Aufzeichnungen über die tatsächliche Gletscherausdehnung erhalten sind, war eine Abgrenzung bis jetzt nicht zweifelsfrei möglich. Erst mit Hilfe der hier vorgenommenen bodenstratigraphischen Untersuchungen ist die eindeutige räumliche Trennung beider Gletscherendlagen gelungen.

Zu diesem Zwecke wurden an möglichst vielen, geeigneten Stellen künstliche Aufschlüsse geschaffen, die Einblick gaben in den inneren Aufbau der Moränen und die mehrfach gestörte oder unterbrochene Entwicklung der Böden. Grabung 1 ist ein gutes Beispiel dafür. Sie wurde in die Außenböschung der innersten Endmoräne am Westhang der Roßalm (Marxwiesen) gegraben, dort wo der Steig zur Stockerscharte über den Wall führt (Höhe 2040 m). Dabei ergab sich folgendes Profil (Fig. 1, Abb. 1):

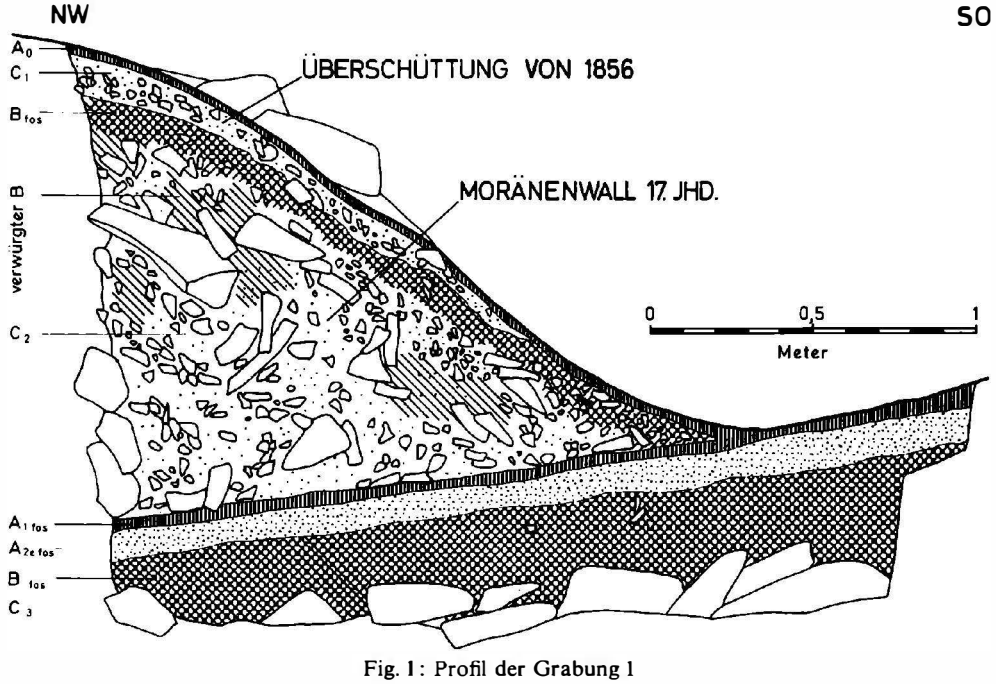



Fig. 1: Profil der Grabung 1

Unter Pioniervegetation hat sich über lehmiggrauem, unverwittertem Moränenmaterial eine schwache Pararendsina entwickelt, die 2–3 cm Grobmoder und 0–3 cm stark durchwurzelten Moderhumus zeigt. Das graue Moränenmaterial liegt als Übergußschichte, die nach unten zu auskeilt, auf dem 5–15 cm tief reichenden (B)-Horizont einer gestörten, sehr schwach entwickelten Braunerde, von der der A-Horizont nicht erhalten ist. Der darunter folgende, blockreiche Moränenschutt bildet die Hauptmasse des Walles. Er ist grau und unverwittert, jedoch stark von eingewürgten älteren Bodenresten durchsetzt. Der Wall als Ganzes liegt auf einem nahezu ungestörten mächtigen Podsol, dessen B-Horizont ca. 60–70 cm tief reicht.

An dieser Stelle hat der jüngste Hochstand von 1856 den Endstand des 17. Jahrhunderts gerade noch erreicht und dessen Wall überschüttet. Die zeitliche Trennung beider Vorstöße zeigt der Boden, der vor 1856 auf der Moräne gewachsen war. Er hatte etwa das doppelte Alter der Pararendsina, die seither entstehen konnte, und war entsprechend besser entwickelt. Der Wall des 17. Jahrhunderts liegt auf einem sehr alten ungestörten



Abb. 1: Grabung 1 in der Außenböschung des neuzeitlichen Walles auf der Roßalm. Die Moräne von 1620 überlagert einen ungestörten Podsol, die Überschüttung von 1856 ist im Bild nicht zu unterscheiden (vergl. Fig. 1).

Boden. Damit war dieser Vorstoß der erste der Neuzeit, der diesen Stand erreichte, nach einer langen Zeit wesentlich kleinerer Gletscherstände. Die im Moränenmaterial eingewürgten alten Bodenfetzen weisen ebenfalls darauf hin.

Der große Altersunterschied der Böden auf und außerhalb der jungen Moränen macht es möglich, die Grenze der maximalen neuzeitlichen Gletscherausdehnung überall eindeutig festzulegen, auch dort, wo Wälle nicht oder nur undeutlich erhalten sind. Nicht immer hat dabei der neuzeitliche Schutt den alten Boden nur einfach überlagert. Die Grabung 2, ca. 100 m südlich der Grabung 1, zeigt, wie der am Gegenhang der Roßalm ansteigende Gletscher den alten Podsol zusammengestaucht, aufgefaltet und sein Moränenmaterial zungenförmig eingepreßt hat (Abb. 2). Dort wo die Straße vom Pasterzenhaus zum Stausee die 1620er Moräne schneidet, ist sie über 3 m hoch aufgeschlossen. Hier besteht der Wall fast ausschließlich aus abgescherten und zusammengeschobenen Resten von feinen, sandigen Braunerden. Humusschmitzen und Rasenfilze sind miteingewürgt, aber nur selten steckt darin ein größerer Block (siehe auch FRANZ 1961). In den Felsen der Bösen Platte ist die höchste neuzeitliche Eisrandlage oft nur daran zu erkennen, daß Rasen und Boden bis auf den Felsuntergrund scharf abgeschnitten sind. Gut läßt sich der Endstand von 1620 in der Möllschlucht festlegen. Die Moräne am linken Hang weist auf ein Zungenende hin, das ca. 50 m unterhalb der Einmündung der Zlöpschlucht gelegen sein muß.



Abb. 2: Profil der Grabung 2. Neuzeitlicher Moränenschutt wurde in einen alten Podsol eingepreßt (Schubrichtung von links). $A_1$ – und $A_{2e}$ Horizont sind zusammengeschoben, der B ($B_s$) Horizont darunter ist nahezu ungestört.

Im ganzen Endmoränenbereich hat die Pasterze 1856 den älteren Stand nicht übertroffen und nur in der Gegend der Grabung 1 gerade erreicht. Auf dem Hohen Sattel in der Nische unter dem Parkplatz I, dort wo V. PASCHINGER (1948) die Moräne von 1820 vermutet hat, ergab eine Grabung 4 (2260 m), daß der 5–6 cm starke B-Horizont des jungen Braunerdebodens auf dem äußeren Wall in die 1856er Moräne hineinzieht. Die ältere Moräne stammt somit von dem Vorstoß des 17. Jahrhunderts. Im Bereich der Taleinschnitte von Pfandlscharten- und Grafenbach fehlt die Moräne von 1856. Sofern eine solche vorhanden war, dürfte sie von der Innenböschung des älteren neuzeitlichen Walles abgeglitten sein. Erst an der Bösen Platte sind stellenweise wieder Eisrandspuren erkennbar, die deutlich innerhalb des 1620er Standes liegen. Das Zungenende lag 1856 genau bei der Einmündung des Zlöpbaches in die Möllschlucht und war damit ca. 50 m kürzer als um 1620. Der rechte Eisarm, der die Zlöpschlucht füllte, erreichte die linke Zunge nicht. Am Ostabhang des Margaritzenkopfes und am Sporn zwischen beiden Schluchten liegen 3 niedrige Moränenwälle des 1856er Hochstandes dicht hintereinander. Der vorderste davon zeigt an der Stirn zusammengeschobene Reste eines jungen Bodens und zwei abgescherte Lärchenstämme. Er markiert damit die größte Ausdehnung des Gletschers von 1856 und beweist, daß der Margaritzenkopf nicht zur Gänze eisbedeckt war, wie V. Paschinger (1948) angenommen hat.

Im Bereich der südlichen Bucht des Stausees sind die Moränen bei den Bauarbeiten zum Großteil abgegraben worden. Trotzdem läßt sich noch eindeutig feststellen, daß der Gletscher um 1856 hier 60 bis 80 m hinter dem Endstand des 17. Jahrhunderts zurückgeblieben ist. Erst über der Stufe, auf dem Oberen Keesboden, bilden die Ufermoränen beider Hochstände einen übereinanderliegenden einheitlichen Wall.

Die hier aufgezeigten, auf rein stratigraphischem Wege gewonnenen Ergebnisse haben durch die bodenanalytischen Untersuchungen von R. BURGER, (BURGER und FRANZ,

s. S. 253 ff., vergleiche besonders Profil Nr. 10, 19, 28, 29 und 30) und die pflanzensoziologischen Aufnahmen von B. ZOLLITSCH (ZOLLITSCH, s. S. 267 ff., Zone 6 und 7) mehrfach eine klare Bestätigung gefunden.

Erwähnt sei noch der Fund eines Zirbenstammes, der unweit der Grabung 2, am Westhang der Roßalm, ausgegraben wurde. Der Baum war auf oder in unmittelbarer Nähe der Moräne von 1620 gewachsen und ist umgestürzt, als der Gletscher um 1856 bis knapp an seinen Standpunkt reichte. Die Jahresringe am Strunk ließen sich auszählen. Die Zirbe ist etwa 170 Jahre alt geworden, ihren Wachstumsbeginn kann man für die Jahre um 1690 annehmen. Dieses Alter entspricht gut den von den Brüdern H. und W. SCHLAGINTWEIT (1846) beschriebenen, bis 150 Jahre alten Lärchen am Margaritzenkopf und ist ein neuerlicher Hinweis für die zeitliche Trennung der beiden neuzeitlichen Moränen.

Wie weit sich die Pasterze zwischen den neuzeitlichen Hochständen zurückgezogen hat, läßt sich nicht feststellen. Es liegen Berichte vor, die einen Vorstoß um 1780/90 annehmen lassen, der über die Elisabethfelsen bis zur Margaritzensenke herabgereicht hat (V. PASCHINGER 1948).

Wenn man annimmt, daß die oben erwähnte Zirbe am damaligen Gletscherende in den Jahren zwischen 1856 und 1860 gefallen ist, so lassen sich nach den besonders engen Jahresringen schlechte Jahre für 1775–80 und 1705–10 auszählen. Sicher entspricht die erste, möglicherweise auch die zweite Jahresgruppe kurzen Gletschervorstoßzeiten, doch sind im Vorfeld alle morphologischen Hinweise auf solche Schwankungen beim jüngsten Hochstand überfahren und zerstört worden.

Sicher aber war die Pasterze zwischen 1600 und 1856 nie kleiner als heute. Wie an anderen alpinen Gletschern erscheint dieser Zeitraum als deutlich abgegrenzte, geschlossene Periode großer Gletscherausdehnung, mit einzelnen besonders starken Vorstößen.

Für den Gletschertiefstand in den Jahrhunderten vor 1600 gibt es im Vorfeld der Pasterze einige Anhaltspunkte. Der in den letzten Jahren vor dem Gletscherende entstandene „Pasterzensee" zum Beispiel könnte dem Sec entsprechen, aus dem auf der Karte von HOLZWURM (1612) die Möll entspringt (H. PASCHINGER 1965). Nahe am Ausfluß dieses Sees, am Beginn der Möllschlucht, sind im Bereich des großen, dort anstehenden Quarzlagers Bergbauspuren zu erkennen. Alte Stolleneingänge sind mit Grundmoränenschutt gefüllt, lassen sich aber leicht ausgraben und verfolgen. Die Gruben waren vor 1600 in Betrieb und sind erst vor etwa 20 Jahren wieder ausgeapert.

Am gletscherseitigen Abhang des Großen Elisabethfelsens ist der anstehende Kalkglimmerschiefer stellenweise von tiefen Karren zerfurcht. Am Grunde dieser Karren ließen sich mehrfach unter einer dünnen neuzeitlichen Grundmoränenschicht stark verwitterte, dunkelbraune Reste alter Braunerden ergraben. Der gletschernächste Fundort lag in der Nähe einer, inzwischen aufgelassenen Eisrandmeßmarke vom Jahre 1959 und ist somit nur etwa 10 Jahre eisfrei. Die geringe Wirkung der Glazialerosion an diesen Stellen in etwa 350 Jahren ist bemerkenswert.

Von der rechten Talflanke fließen die Seebäche in das Gletschervorfeld und münden unter dem schuttbedeckten Zungenende in den Pasterzensee. Der östlichste dieser Bäche hat, vermutlich erst in den Katastrophensommern 1965 oder 1966, in einer tiefen Rinne die neuzeitliche Moränenschuttauflage des Hanges bis auf den Fels abgeschwemmt. Dabei sind zwischen Moräne und Anstehendem fossile Böden, zum Teil noch mit starken Humusresten freigelegt worden, die sich im Bachbett über 100 m weit nach unten verfolgen lassen. Tiefste Bodenspuren liegen ca. 25 m über dem jetzigen Eisrand.

Der gleiche Bach hat 20–25 m unter dem Wallfirst der 1856er Ufermoräne stark mit Hangschutt verwürgten Braunmoostorf angeschnitten. Der Torf ist in der Nähe der Fundstelle gewachsen (2260 m), vom Gletscher zu Beginn des 17. Jahrhunderts zerstört, aber nicht weit transportiert und mit Grundmoränenmaterial überlagert worden. Herr Dr. S. BORTENSCHLAGER (Botanisches Institut der Universität Innsbruck) hat den Torf pollenanalytisch untersucht. Der geringe Pollengehalt ließ jedoch keine genaue Abgrenzung der Entstehungszeit zu. Sicher auszuschließen ist nur das Spätglazial und der Beginn des Postglazials. Das Auftreten von *Castanea*pollen spricht für ein geringes, auf jeden Fall nachwärmezeitliches Alter, da die Kastanie (nach ZOLLER 1960) erst mit



Abb. 3: Neuzeitliche und innerwärmezeitliche Ufermoränen auf dem Hohen Sattel (Vordergrund) mit Blick auf Margaritzenstausee und die Endmoränen am Westhang der Roßalpe, rechts Großer Elisabethfels.

den Römern nach Norditalien gekommen sein soll. Die Wahrscheinlichkeit ist groß, daß der Torf während des spätmittelalterlichen Klimaoptimums gewachsen ist.

Alle diese Funde intensiver Boden- bzw. Torfbildung in so geringer Entfernung vom heutigen Gletscherende lassen den Schluß zu, daß die Pasterze in den Jahrhunderten vor dem ersten neuzeitlichen Vorstoß um 1600 noch bedeutend kleiner war als heute.

## Innerwärmezeitliche Gletscherhochstände

Knapp außerhalb des Pasterzenvorfeldes sind an mehreren Stellen noch ältere Moränen erhalten, die zwei etwas größere Gletscherstände anzeigen. Am Hohen Sattel liegt ein gut ausgeprägtes Wallstück (2290 m) mit Ufertälchen 10–15 m höher und knapp darunter ein kleinerer Wall ca. 5 m höher als die neuzeitliche Moräne (Abb. 3). Kleine Wallreste auf einem Absatz unter dem Glocknerhaus (2090 m) entsprechen diesen Ständen. Ein Stück einer Endmoräne in der Möllschlucht am rechten Talhang, 100 m talauswärts der Mündung des Zlöpbaches, weist auf ein Zungenende hin, das bis in die Nähe der Naturbrücke gereicht hat, etwa 200 m weiter als um 1620. Zwei deutlich unterscheidbare Wälle queren den Westhang der Roßalm (Marxwiesen), der innere 10–15 m, der äußere 20–25 m höher als die neuzeitlichen Moränen. Ein undeutliches Wallstück liegt auf dem Oberen Keesboden, wenig östlich der Seebäche (2270 m).

Diese Moränenwälle sind bis jetzt zum Teil dem neuzeitlichen Fernauvorstoß (V. PASCHINGER 1948), und zum Teil dem spätglazialen Egesenhochstand (FRANZ 1961) zugeschrieben worden. Die Ergebnisse mehrerer großer Grabungen lassen eine andere zeitliche Eingrenzung zu.

Am Roßalmwesthang sind die Moränen beider vorneuzeitlichen Gletscherhochstände am besten erhalten, die innere als hoher markanter, die äußere als etwas verwaschener, niedriger Wall.

Der Boden, der sich auf der inneren Moräne – im folgenden mit Wall S bezeichnet – entwickeln konnte, zeigt in vier Profilen an der Außen- und Innenböschung jeweils einen gut ausgebildeten Podsol, dessen B-Horizont zwischen 60 und 75 cm mächtig ist. Ihm entspricht auch der Podsol, der in Grabung 1 unter der neuzeitlichen Verschüttung liegt (Fig. 1). Etwas oberhalb dieser Grabung 1 wurde Wall S durch einen Schacht von der Ufermulde bis zur Wallkuppe aufgeschlossen. Das Profil ermöglicht es, den Ablagerungszeitraum der Moräne einzugrenzen (Grabung 5, 2050 m) Fig. 2:

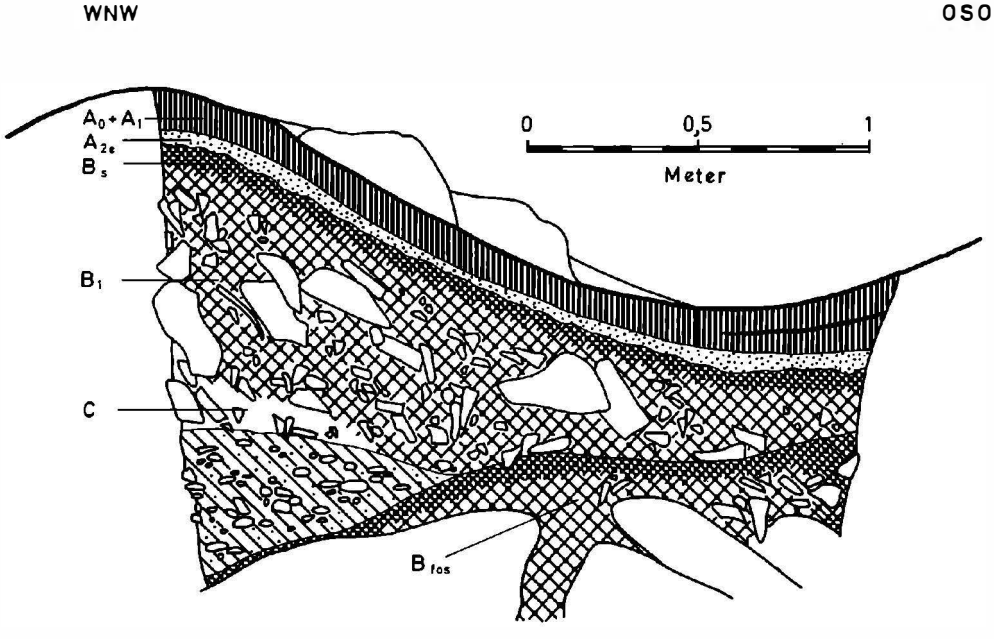



Fig. 2: Profil der Grabung 5

Unter Zwergstrauchheidenbewuchs entstand ein Podsol ähnlichen Entwicklungsgrades, wie ihn die anderen Aufschlüsse gezeigt haben. Der Humushorizont läßt keine neuzeitliche Störung erkennen, nur in der Ufermulde, wo er an Mächtigkeit zunimmt, ist er deutlich zweigeteilt. Der B-Horizont zeigt in den oberen 5–10 cm etwas Eisenanreicherung ($B_S$) und geht unter der Wallkuppe nach 65 cm allmählich in eine schmale, auskeilende Zone von unverwittertem Moränenmaterial (C) über. Darunter liegt ein Schuttkörper aus lockerem, gut gewaschenem Grobsand und Schotter, der leicht verbraunt ist. Mit einer scharfen Grenze folgt dann ein kräftig rotbrauner B-Horizont eines von der Moräne überschütteten, sehr alten Bodens. Seine Mächtigkeit konnte nicht ergraben werden, doch ist er zwischen großen Blöcken nach 60 cm Tiefe immer noch nahezu unverändert in der Farbe. Deutlich sind darin die Spuren einer fossilen Durchwurzelung zu erkennen.

Dieses Profil zeigt, daß es vor und nach dem Gletscherhochstand von Wall S lange Zeitabschnitte gegeben hat, in denen bei kleinerer Gletscherausdehnung intensive Bodenbildung möglich war. Die außerhalb davon liegende Moräne (Wall A) ist um den Bildungszeitraum des unterlagernden Bodens älter als Wall S.

Schwierig gestaltete sich die Suche nach Anhaltspunkten für die zeitliche Stellung des Walles A. In zwei Schächten ergab die Schichtfolge keinen eindeutigen Hinweis auf Böden, die vor der Ablagerung der Moräne entstanden sein konnten. Verwürgte alte

Bodenreste in dem Wall, der durch Grabung 6 aufgeschlossen wurde, sind nicht beweiskräftig, weil dieses Moränenstück der Lage nach möglicherweise auch von dem jüngeren Hochstand (Wall S) stammen könnte. Es ergab sich jedoch ein klarer Altersunterschied zwischen den Böden auf Wall A und denen, die sich außerhalb der Moräne befinden. Die Grabung 7 (2060 m, nahe dem 5. Mast der Starkstromleitung), liegt ca. 40 m vor dem Wall. Sie erschloß einen Podsol mit einem bis zu 90 cm mächtigen, fest verkitteten Ortstein im B-Horizont. Dieser Ortstein ist als Relikt einer Zeit zu werten, in der auf der Roßalm lange Wald gewachsen ist, sehr wahrscheinlich schon vor dem Gletscherhochstand des Walles A. Denn auf oder innerhalb dieser Moräne konnte in keinem Profil Ortstein ergraben werden. Herr R. BURGER – Mitarbeiter dieses Bandes – hat die Böden der Grabung 7 und eines Profils auf Wall A (8), nahe dem 4. Mast der Starkstromleitung, analysiert. Es ließ sich ein deutlicher Altersunterschied feststellen, der sehr klar durch den verschieden hohen Mengenanteil ausgefällten Eisens in den B-Horizonten zum Ausdruck kommt. Für den Boden auf der Moräne wurden 15260 mval/dm², für den älteren Boden der Grabung 7 23120 mval/dm² ges. freies Eisen gemessen.

Bedauerlicherweise konnten die beiden vorneuzeitlichen Gletscherhochstände der Pasterze nicht absolut datiert werden. Es fehlen im Bereich des Vorfeldes Moore mit genügend alten Torfen, die eine pollenanalytische Untersuchung mit $C_{14}$-Datierungen sinnvoll erscheinen lassen. Organische Substanzen in den von Moränen verschütteten oder eingewürgten Böden sind nicht erhalten.

Zum Einzeiten der Pasterzenmoränen kann jedoch die postglaziale Gletschergeschichte der Großvenedigergruppe (westliche Hohe Tauern) herangezogen werden (PATZELT 1967). Dort ließen sich die alten Moränen einiger Gletscher mit Holzfunden aus Mooren absolut datieren. Hochstandsperioden wurden dabei für die Zeit zwischen 6700 und 6000 v. Chr. (Venedigerschwankung), für 4200 v. Chr. (Frosnitzschwankung) und für 1400 v. Chr. (Löbbenschwankung) nachgewiesen. Die postglaziale Wärmezeit wurde durch die starke Venedigerschwankung – bei der die Gletscher bis zu 400 m weiter vorgestoßen sind, als im 17. und 19. Jahrhundert – und nachfolgende Störungen mehrfach unterbrochen. Die jüngere Wärmezeit erfuhr gegen Ende durch die Löbbenschwankung einen scharfen Rückschlag. Das Frosnitzkees hat dabei den neuzeitlichen Höchststand um 200 m an Länge übertroffen.

Vergleichbare Daten für innerwärmezeitliche Gletscherhochstände aus anderen alpinen Gebirgsgruppen liegen bis jetzt noch sehr wenige vor. In den Stubaier Alpen (Tirol) hat F. MAYR (1964) solche Vorstöße nachgewiesen. Der erste ist auf 4200 v. Chr. datiert, für den zweiten ist ein Mindestalter von 1200 v. Chr. bestimmt worden. H. HEUBERGER (1966) ist der stratigraphische Nachweis gelungen, daß die Original-Larstigmoränen (Stubaier Alpen) in der postglazialen Wärmezeit abgelagert worden sind. Die von H. ZOLLER (1960) im westalpinen Bereich pollenanalytisch erfaßten Misoxer Schwankungen fallen in den Zeitraum zwischen 5500 und 4500 v. Chr. und stimmen damit zum Teil gut mit der Frosnitzschwankung überein.

Der Vergleich der Verhältnisse in der Venedigergruppe mit den stratigraphischen Beobachtungen an den alten Moränen der Pasterze lassen nun die Annahme zu, daß der Wall A innerhalb der postglazialen Wärmezeit abgelagert worden ist und der Frosnitzschwankung entspricht (etwa 4200 v. Chr.). Der Boden mit dem Ortstein wäre damit im älteren, der Boden, der auf Wall A gewachsen ist und Wall S unterlagert, im jüngeren Abschnitt der Wärmezeit entstanden. Moräne S entspräche dem spätwärmezeitlichen Vorstoß der Löbbenschwankung (1400 v. Chr.). Der Boden auf ihr kann sich seither entwickelt haben, seine Mächtigkeit schließt geringeres Alter aus.

Die Pasterze hat seit dem Beginn der postglazialen Wärmezeit vor etwa 9000 Jahren in drei nachweisbaren Hochstandsperioden jeweils sehr ähnliche Ausmaße erreicht. Die Klimaschwankungen, die zu den großen Vorstößen geführt haben, zeigten an der Gletscherzunge eine erstaunlich gleichartige Wirkung.

Die von V. PASCHINGER (1948) beschriebenen Moränenreste knapp unter dem Glocknerhaus und der Sturmalpe, 60 m über der neuzeitlichen Ufermoräne, können somit tatsächlich in der Zeit der letzten spätglazialen Hochstände entstanden sein, und zwar,

im Sinne von H. HEUBERGER (1966), bei einem kurzen Vorstoß innerhalb der mehrgliedrigen Egesenserie.

Das hier angenommene Alter der vorneuzeitlichen Moränen ist nach dem gewonnenen Beobachtungsmaterial und den derzeitigen Kenntnissen das Wahrscheinlichste. Das schließt jedoch nicht aus, daß sich eine andere zeitliche Stellung ergibt, sollten einmal bessere Datierungsmöglichkeiten gefunden werden. In diesem Zusammenhang sei noch einmal auf die Bodenanalysen von R. BURGER und H. FRANZ (S. 262f.) hingewiesen, bei denen eine deutliche Abhängigkeit des freien Eisengehaltes der Böden vom Bodenalter erkennbar geworden ist (Tabelle 1). Wohl müßten erst in einer grundlegenden systematischen Arbeit die den Eisengehalt bestimmenden Faktoren genauer untersucht werden. Wenn man aber auf diesem Wege zu guten Aussagen über das Alter von Böden kommen kann, könnten derartige Analysen auch die stratigraphisch gewonnenen Ergebnisse bei der Zeitbestimmung von Gletscherhochständen wertvoll ergänzen und stützen.

Tabelle 1: Gehalt freien Eisens in den Böden der Pasterzenumgebung und vermutetes Bodenalter (Profil Nr. aus BURGER und FRANZ, S. 262).

| Profil Nr. | Lage der Bodenproben | ges. freies Eisen in mval/dm² | Alter in Jahren (Schätzung n. PATZELT) |
|---|---|---|---|
| Grabung 7 | außerhalb Wall A | 23120 | ca. 8000 |
| 4 | außerhalb Wall A | 16466 | > 6200 |
| 1 | außerhalb Wall A | 13901 | > 6200 |
| Grabung 8 | auf Wall A | 15260 | 6200 |
| 5 | innerhalb Wall S | 11550 | 3500 |
| 29 | knapp außerhalb 1620er Moräne | 5878 | ca. 350 |
| 10 | zwischen 1856er und 1620er Moräne | 4590 | ca. 350 |
| 30 | zwischen 1856er und 1620er Moräne | 3272 | ca. 350 |
| 19 | auf 1856er Moräne | 2078 | 110 |
| 28 | innerhalb 1856er Moräne | 473 | < 100 |

# Das Verhalten von Gletschern der Großglocknergruppe in den letzten Jahrzehnten[1]

Von Hanns Tollner (Salzburg)

## Allgemeines:

Nach dem Hochstand der Vereisung des Großglocknergebietes nach der Mitte des vorigen Jahrhunderts setzte ein bis in die Gegenwart reichender, unterschiedlich stark anhaltender Eisschwund ein. Lediglich um 1890, 1900 und 1920 herum befanden sich die einzelnen Eiskörper teils in schwachem Vorstoß, teils in Bewegungsstillstand (stationärer Zustand), oder nur in mäßigem Rückgang ihrer Zungenenden. Nach dem Ende des zweiten Weltkrieges wichen die Gletscherzungen im allgemeinen kräftig zurück. Ab 1950 aber bremsten manche kleinere Gletscher mit hoch gelegenen Zungenenden ihre Arealverminderung. Einige Gletscher stießen sogar mehrmals in geringfügiger Weise vor.

Eine Zungenverkürzung oder ein Vorrücken bieten noch keinen schlüssigen Hinweis auf eine Änderung der „Massensubstanz" des Gesamteiskörpers. Bei einem Gletscher unterscheidet man bekanntlich zwei Teile: Das „Firnfeld" als „Nährgebiet" oberhalb der „Firngrenze", in dem während eines Jahres mehr fester Niederschlag fällt als in der warmen Jahreszeit abschmilzt, und das „Zehrgebiet" unterhalb der Firnlinie, in der Großglocknergruppe zum Teil als langgestreckte „Gletscherzunge" in die Tiefe strömend.

Die einzelnen Gletscher des Großglocknergebietes verhielten sich in den letzten Jahrzehnten keineswegs völlig gleichartig. Obgleich in einem einheitlichen Klimagebiet befindlich, waren dafür außer kleineren lokalen Schwankungen der meteorologischen Elemente der Hochgebirgsregion die Höhenlage und Beschaffenheit der Zungenenden, die Exposition und Oberflächenneigung der Eisflächen usw. verantwortlich. Alles zusammen bewirkte „Kleinschwankungen" individueller Art.

Die Kontrolle der Arealänderung der Gletscher erfolgte in den meisten Fällen durch Markenmessungen im Gletschervorland. Die Entfernung des Gletscherendes zur Marke wurde vorwiegend mit einem Meßband festgestellt. Diese einfachen Messungen lieferten naturgemäß nur Daten über die horizontalen Lageänderungen der Gletscher. Sie vermochten aber nicht immer eindeutig über die Volumenänderungen des ganzen Gletschers etwas auszusagen. Genauere Einblicke in das Gletscherverhalten gewann man durch geodätische Detailvermessungen von Querprofilen auf der Oberfläche des Zungenbereiches. Seit vielen Jahrzehnten wurde unter anderem diese Methode auf der Zunge des Pasterzengletschers angewandt (siehe Bericht von H. PASCHINGER). Diese Messungen ergaben das Ausmaß der horizontalen Eisbewegung (Eisfließen) und Werte über die Höhenänderung der Zungenoberfläche. Aus dem Verhalten des Zungenendes und aus den Querprofildaten ließ sich die Kubaturänderung des Zungenkörpers berechnen. Um nun die Änderungen des Massenhaushaltes der Gesamtgletscherkörper von Jahr zu Jahr festzustellen, mußten die Untersuchungen auch auf die Firnfelder als die Speicherräume der Gletscher ausgedehnt werden.

[1] Die Untersuchung von einzelnen Glocknergletschern, über die hier berichtet wird, wurde ab 1948 vom Berichterstatter ausgeführt. Sie erfolgte im Auftrag der Tauernkraftwerke A. G. unter Mitarbeit von Angehörigen dieser Stelle und in den letzten Jahren auch im Auftrag des Deutschen Alpenvereines. Hiermit sei allen der verbindlichste Dank für die Förderung und tätige Mithilfe ausgesprochen.

Unter dem Begriff „Massenhaushalt" eines Gletschers versteht man die jeweils am Ende eines „Eishaushaltsjahres" eingetretene Änderung der Eissubstanz des Gesamtgletschers, im wesentlichen verursacht durch das Ausmaß der „Jahresfirnrücklagen" im Nährgebiet und durch die Größe des Massenverlustes des Zungenbereiches (Zehrfläche). Das Eishaushaltsjahr (glaziologisches Jahr) eines Gletschers währt ebenso wie das „Hydrologische Jahr" vom 1. Oktober bis 30. September des Folgejahres. Den Eisverlust eines Gletschers verursachen Abschmelzvorgänge infolge Einwirkung von Lufttemperatur über dem Gefrierpunkt, Globalstrahlung, Verdunstung, flüssige Niederschläge, Schmelzwasser an der Gletscheroberfläche, Luftströmungen u. dgl. Je nach dem Grad der Reinheit der Oberflächen des Firn- und Zungengebietes ist das Ausmaß der Abschmelzung (Ablation) in zeitlicher Hinsicht sehr verschieden. Gering verschmutzte Oberflächen besitzen ein starkes Reflexionsvermögen (Albedo). Stark mit „Kryokonit" (Staub mineralischen und pflanzlichen Ursprunges) bedeckte Firn- und Eisflächen erleiden durch nur eine geringe Albedo einen wesentlich stärkeren Abschmelzverlust. Für die stärkere Verunreinigung der Gletscherflächen sind naturgemäß in der wärmeren Jahreszeit längere Zeitabschnitte ohne festen Niederschlag und eine stärkere atmosphärische Zirkulation für die Verbreitung des Kryokonits maßgebend.

Für die Ermittlung des Jahreseishaushaltes eines Gletschers gilt es also in erster Linie den Jahreszuwachs im Firnbereich und die jährliche Ablation auf der Zungenfläche festzustellen. Verliert der Gletscher von einem Jahr zum anderen an Eissubstanz, so ist sein Jahreseishaushalt negativ. Er erteilt damit eine „Gletscherspende", indem von früher her vorhandenes Eis abschmilzt und verschwindet. Umgekehrt kann aber auch die Eismasse von einem Sommerende bis zum nächsten zunehmen. Der Jahresmassenhaushalt ist dann positiv. Im Firngebiet wird dadurch stärker fester Niederschlag zur Gletschernährung aufgespeichert. Für die auf Wasserkraftnutzung beruhenden Sammelbecken der hochalpinen Elektrowerke bedeutet dieser Umstand das Ausbleiben eines erheblichen Teiles des im Einzugsgebiet gefallenen festen Niederschlages.

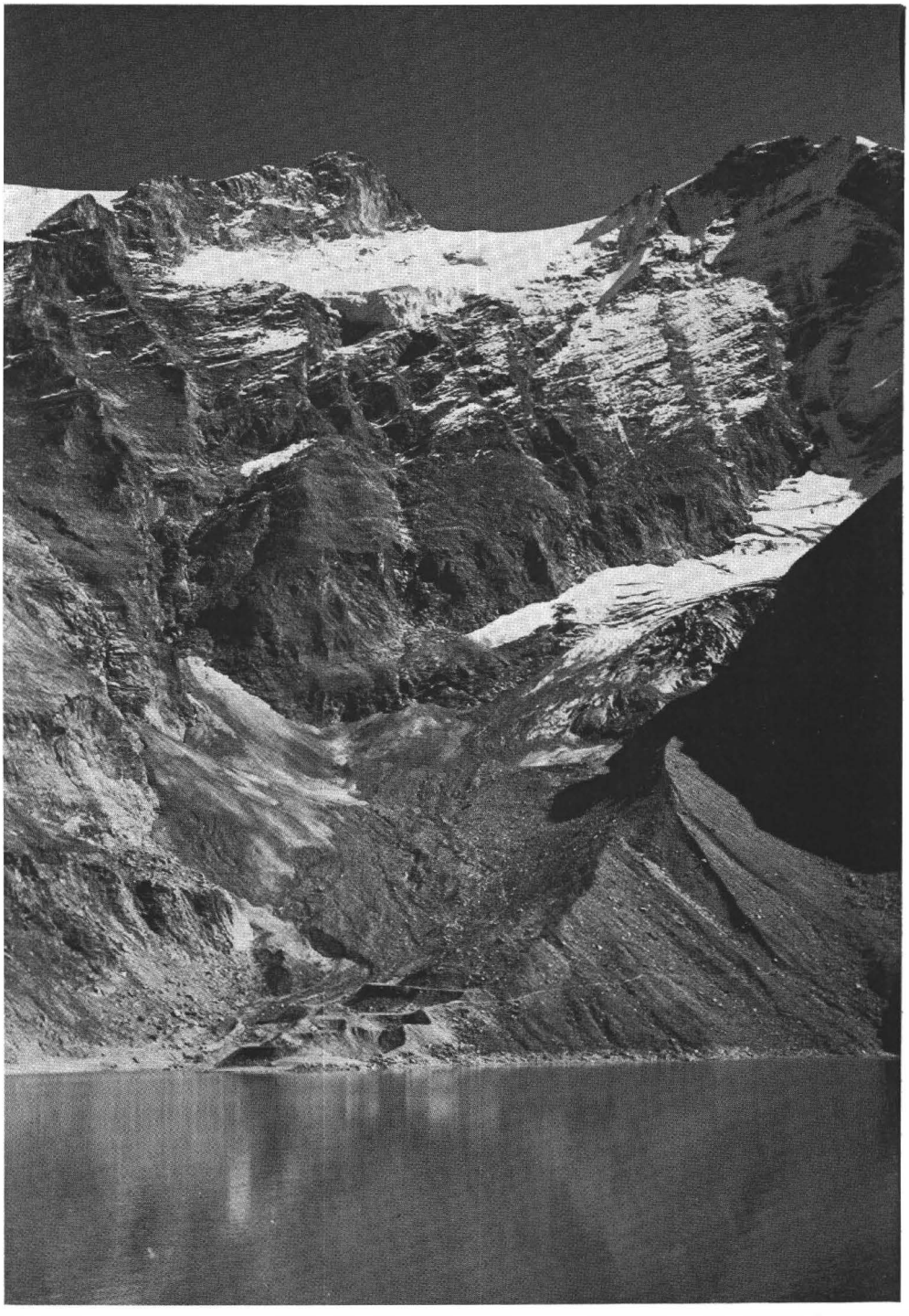
Der jährliche Massenhaushalt eines Gletschers ergibt sich für die Zeit 1. Oktober bis 30. September des nachfolgenden Jahres aus den Größen: Niederschlag im Gesamtbereich des vereisten Areals, minus Abfluß, minus Gebietsverdunstung ist gleich der Jahresfirnrücklage im Speicherraum minus Aufbrauch im Zehrgebiet.

Die Messung des atmosphärischen Niederschlages im alpinen Hochgebirge ist aus methodischen Gründen auch heute noch ein wenig problematisch. Gleichwohl aber vermögen die vielen im Großglocknergebiet vorhandenen „Totalisatoren" (Niederschlagssammler) wertvolle Angaben zu liefern. Die Luftströmungen lagern überdies den bereits gefallenen festen Niederschlag in der Form von Trieb- oder Treibschnee um. Die zuletzt im Hochgebirge liegen gebliebenen festen Niederschlagsmengen entsprechen mengenmäßig nicht den dort gefallenen Niederschlagshöhen.

Die Größe der jährlichen Verdunstung an der Gletscheroberfläche ist gegenwärtig noch eine nicht genügend genau geklärte Angelegenheit. In der Hauptablationszeit der Gletscher, im Sommer, dürfte mengenmäßig die Verdunstung von Schnee, Eis und Firn ungefähr der Kondensation und Sublimation von Wasserdampf die Waage halten.

Die Abflüsse können im Großglocknergebiet zwar genau gemessen werden, doch enthalten die Abflußmengen mitunter auch bedeutende Wassermengen, die nicht aus den vergletscherten Einzugsflächen stammen.

Die jährlichen Firnrücklagen (nicht abgeschmolzener fester Niederschlag aus der Ablagerungszeit 1. Oktober bis 30. September des Folgejahres) sind hinsichtlich ihrer Mächtigkeit und ihrer Dichte (Wasserwert) auf den Speicherräumen an möglichst vielen Stellen zu messen. Dazu dienen Firnpegel, Schachtgrabungen und zum Teil auch Spalten. Die bei den Firnschächten zu erkennenden Höhen der Jahresfirnrücklagen entsprechen nicht einer absoluten Erhöhung der Oberfläche des Firnfeldes. Die Verdichtung der darunter liegenden älteren Firnschichten und vor allem die Abwärtsbewegung der Firnmasse lassen sich aus der Höhe des Firnüberrestes der Ablagerung aus den letzten 11–12 Monaten nicht erkennen. Aufschlüsse über Absolutänderungen der Höhe der Firnoberfläche (Einsinken oder Anschwellen) boten aber die auf dem Obersten Pasterzen-



Klockerinkees. Unterer Teil mit Schutt bedeckt, rechts zwei Moränen miteinander verschachtelt.

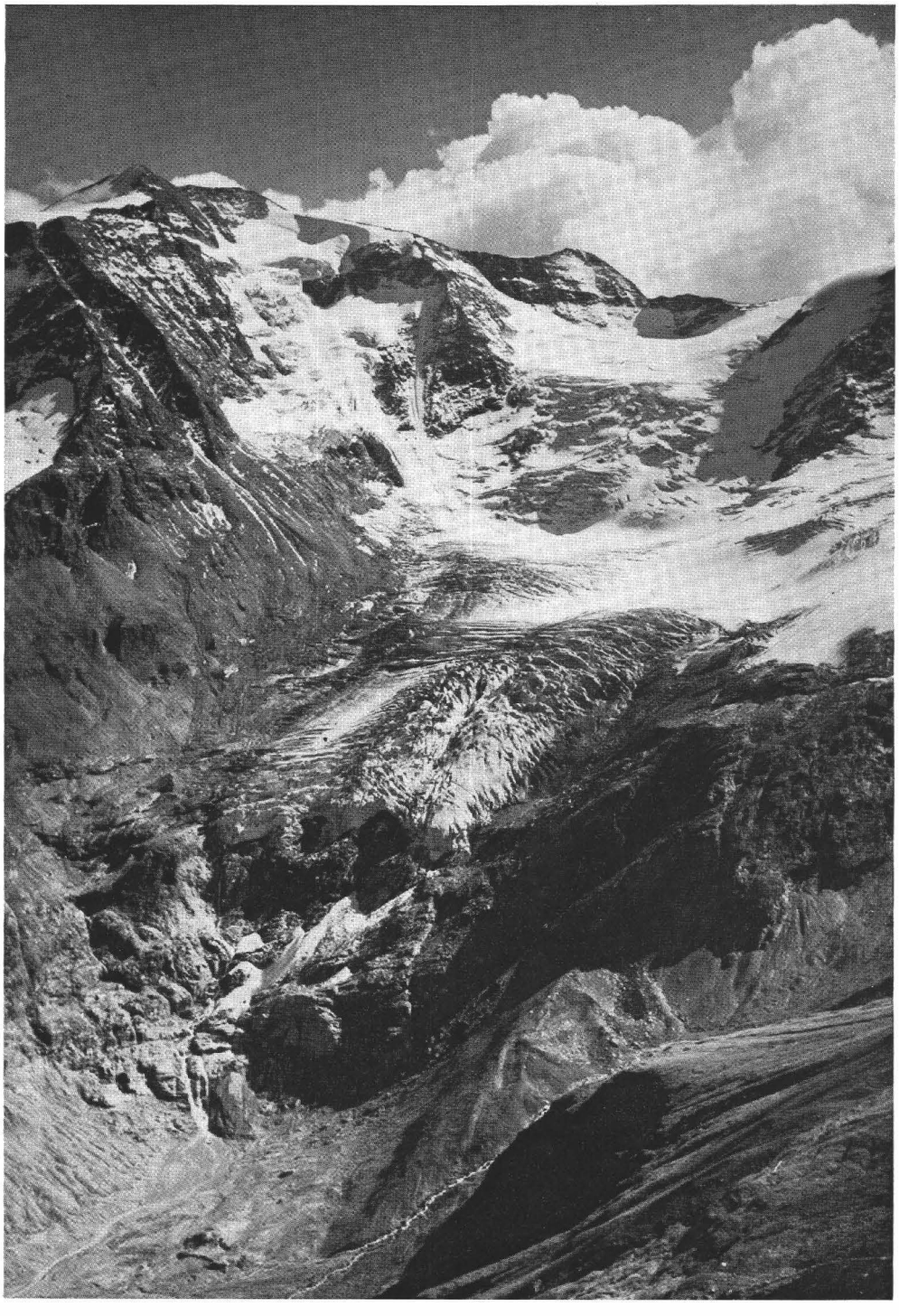
boden und auf dem Schmiedingerkees vorgenommenen geodätischen Feinmessungen und Markenmessungen am Firnfeldrand an steilen Felsbegrenzungen.

Für die Ermittlung der Jahresmassenbilanz eines Gletschers ist auch noch die Höhenlage der Grenzlinie zwischen dem von Firnschnee bedeckten Nährgebiet und der Zehrfläche von Wichtigkeit. Die Firnschneelinie, über der der feste Niederschlag des Eishaushaltsjahres nicht mehr zur Gänze abschmilzt, ist gewissermaßen die Null-Linie des Eishaushaltsjahres eines Gletschers.

Über die meteorologisch-klimatischen Ursachen der enormen Gletscherschwankungen sind wir heute einigermaßen gut orientiert. Die Massenverluste der Gletscher seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts waren die Folge eines sehr komplizierten Zusammenspiels der meteorologischen Elemente in der Hochgebirgsregion. Als die wichtigsten gletscherabträglichen Faktoren erwiesen sich warme und strahlungsreiche Bergsommer mit geringer Albedo der Schnee- und Eisflächen infolge wesentlicher Abnahme der Schneefallhäufigkeit in der warmen Jahreszeit. Die Vorstöße der Gletscher wurden durch sehr kühle, nasse und wolkenreiche Sommer verursacht, in denen auch häufiger fester Niederschlag fiel, der ein relativ hohes Strahlungsreflexionsvermögen aufrecht erhielt und damit eine stärkere Ablation verhinderte. Die Veränderlichkeit der jährlichen Niederschlagshöhen spielte eine geringere Rolle als die sommerliche Wechselhaftigkeit der Lufttemperatur und des Sonnenscheins beziehungsweise der Globalstrahlung. Alle Schwankungen der meteorologischen Elemente in der Hochgebirgsregion hingen mit einer markanten Änderung der atmosphärischen Zirkulation hinsichtlich Richtung und Geschwindigkeit in der Höhe der 700 mb Fläche (ungefähr 3000 m Seehöhe) zusammen.

Da sich die internationale Presse alle Jahre der Gletscherveränderungen annimmt und mitunter mit Sensationsmeldungen auch Bergsteigerkreise verwirrt, sei hier kurz näher darauf eingegangen. Überschriften einzelner Artikel schwankten in Extremfällen zwischen „Gletschersterben" und „Vor neuer Eiszeit", „Ende der Alpengletscher läßt sich schon übersehen". Weiters wurde angeführt, daß der Eisschwund der Gletscher katastrophale Folgen auf die Wasserzuflüsse der Speicheranlagen der Elektrowerke des Hochgebirges haben müßte. „Selbst die Pasterze, der größte Österreichische Eiskörper, würde, wie ganz klar zu erkennen sei, innerhalb von drei Jahrzehnten verschwinden", schrieb einmal eine Zeitungsnotiz. „Der noch immer anhaltende Rückgang der Gletscher beeinträchtige die Wasserzuflüsse in die Sammelbecken der Elektrowerke in enormer Weise und bedrohe nachgeradezu ihre Existenz überhaupt." Wir erleben in dieser, die Allgemeinheit sehr interessierenden Frage ein Beispiel dafür, daß die Auswirkung einer an sich nicht zu leugnenden Naturtatsache beinahe in das Gegenteil verkehrt wird. Für die hochalpinen Speicherräume der Elektrowerke bedeutet ein Gletscherrückgang einen zusätzlichen Empfang von Wasser aus der alten Substanz der Eisareale in der Form der „Gletscherspende", während ein Gletscheranwachsen für die Wasserdarbietung insofern nachteilig wäre, als bereits vor dem Einsetzen des Gletschervorstoßes wesentliche Niederschlagsmengen nicht mehr abschmelzen, sondern als übernormale Firnrücklagen die Massenbilanz der vereisten Hochgebirgsräume erhöhen würden. In Zeiten der Vermehrung der Eissubstanz der Gletscher gäbe es dann zum Nachteil der Speicherwerke nicht nur keine Gletscherspende, es käme weiters nur ein stark verminderter Teil des Jahresniederschlages zum Abfluß. Das Wasserdargebot in die Speicheranlagen von Einzugsgebieten, die stark vergletschert sind, ist sehr davon abhängig, wieviel vom festen Niederschlag auf den Firnfeldern zurückbleibt und nicht mehr abschmilzt. Nach 1950 kam es vor, daß der Wasseranfall in ein Sammelbecken der Tauernkraftwerke AG. wegen Einbehaltens ungewöhnlich großer Mengen festen Niederschlages in der Firnregion bis zu 25 % unter der mittleren Jahresmenge blieb.

Sollte nun der Gletscherrückgang weiter stark andauern, und sollte die Pasterze angenommen jährlich um 20 m zurückweichen, so würde das Zungenende erst in etwa 100 Jahren dort zu liegen kommen, wo es sich übrigens zu Beginn des 16. Jahrhunderts schon einmal befand. Bei weiter anhaltendem kräftigem Eisschwund mögen die Gletscher des Großglocknergebietes auch noch merklich an Fläche und Dicke verlieren, in ihrer



Karlingerkees. Ostteil des Firngebietes mit Zunge.

Existenz scheinen sie jedoch nicht gefährdet. Es ist letztlich keineswegs sicher, daß der Eisverlust der Gletscher überhaupt noch lange weiter anhält.

Der Schmelzwasserausfall infolge ständiger Verkleinerung des Gletscherausmaßes läßt sich für die großen Gletscher des Großglocknergebietes abschätzen. Bei der Pasterze würde der Ausfall unter der Annahme eines ständigen Zungenrückganges von 20 m pro Jahr mit Berücksichtigung der Flächenabnahme nur einige wenige Prozent der gegenwärtigen mittleren Jahresabflußmenge betragen, da sie im Stadium eines anhaltenden starken Eisverlustes jeweils auch eine erhebliche Gletscherspende bieten würde, die die Wirkung des Arealschwundes stark vermindern müßte.

In der Großglocknergruppe wurden durch den Berichterstatter seit 1948 bis in die Gegenwart folgende Gletscher untersucht: Das Firnfeld der Pasterze (mit dem Zungenbereich beschäftigte sich das Geographische Institut der Universität Graz unter der Leitung von Prof. H. PASCHINGER im Auftrag des Österreichischen Alpenvereines), Wasserfallwinklkees, Karlingerkees, Eiserkees, Grießkoglkees, Schwarzköpflees, Klokkerinkees und Schmiedingerkees auf dem Kitzsteinhorn. Die Beobachtungen und Messungen beschränkten sich zum Teil nur auf Markenmessungen im Gletschervorland, zum Teil wurde auf Grund von Messungen im Firngebiet und mit Berücksichtigung der Abflußverhältnisse versucht, wenigstens über das Vorzeichen des Jahresmassenhaushaltes etwas auszusagen. Die Untersuchungen auf dem Obersten Pasterzenboden und auf dem Schmiedingerkees wurden zu Gewinnung genauerer Daten über den jährlichen Massenhaushalt von Jahr zu Jahr intensiviert. Die geodätische Ermittlung der Höhenänderung der Firnoberfläche des Obersten Pasterzenbodens und des Schmiedingerkeeses erfolgte von zwei Standpunkten aus mit Hilfe von Funksprechgeräten.

## Das Verhalten der Gletscher des Großglocknergebietes in den einzelnen Jahren

Beurteilung jeweils am Ende des Eishaushaltsjahres (Sept.). Angaben in Schlagworten.

1940–1947 Durchwegs stark gletscherungünstige Verhältnisse. 1946 besonders eisabträglich. 1947 beinahe Firnkatastrophe. Auf den Firnfeldern Firnrücklagen mehrerer Jahre abgeschmolzen. Firngrenze örtlich in 3800 m.

1948 Depression der Firngrenze bis 2600–2400 m herab. (Im benachbarten Rauriser Sonnblickgebiet Vorstoß des Goldberggletschers um 4,0–7,9 m und des Kleinen Sonnblickkeeses um 5,5–6,6 m.) Karlinger- und Schmiedingerkees schwacher Zungenrückgang.

1949 Mäßiger Eisschwund.

1950 Starker Eisverlust.

1951 Mäßig eisabträglich. (Im Sonnblickgebiet vereinzelt unerhebliches Vorrücken des Zungenendes.)

1952 Starke Eisabnahme. (Sonnblickgletscher zum Teil stationär.)

1953 Mäßiger Zungenrückgang.

1954 Schwaches bis mäßiges Rückweichen der Zungen.

1955 Gletschergünstig. Vorstoß der Gletscher mit hoch gelegenen Zungenenden. Mäßiger Rückgang der großen tief herabreichenden Gletscher. (In der Sonnblickgruppe zum Teil Vorstöße bis 3,8 m.)

1956 Große Gletscher starker Rückgang. Kleine Gletscher teils stationär, teils schwaches Vorrücken.

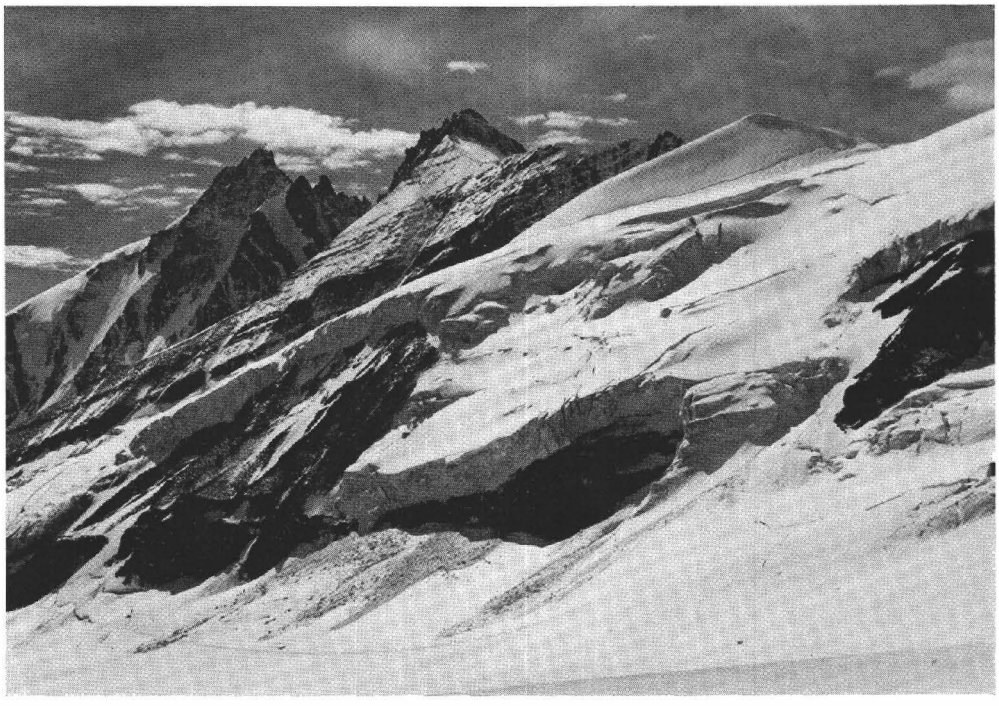
1957 Starke Massenabnahme bei großen Gletschern, mäßige bei kleineren mit hoch gelegenen Enden.

1958 Mäßige bis starke Massenabnahme.

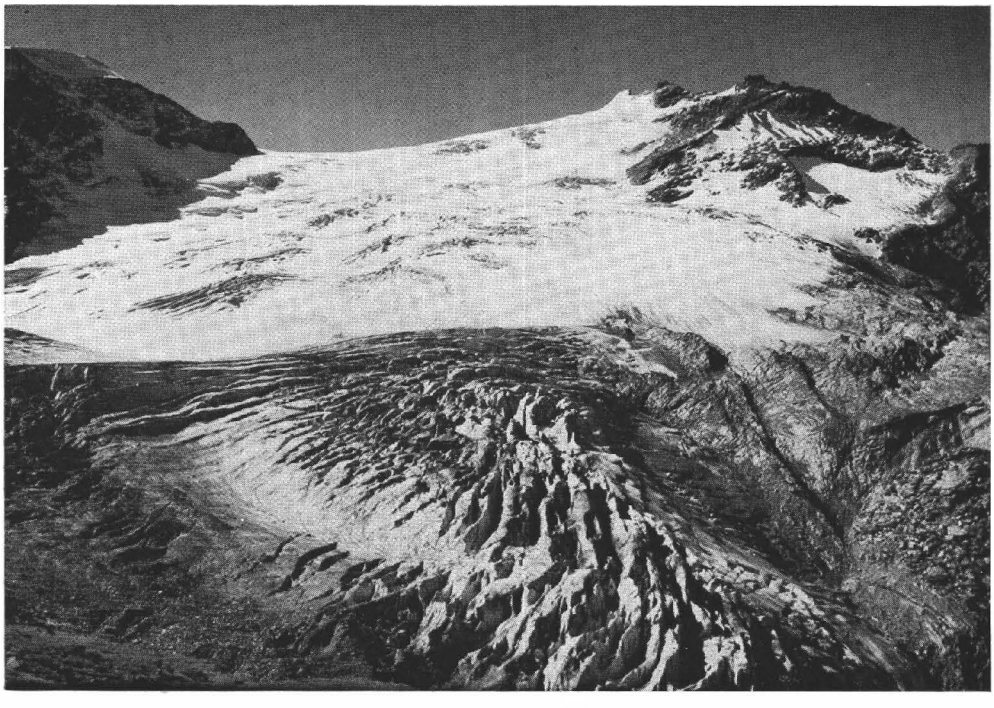
1959 Zum Teil Massenzunahme.

1960 Unterschiedliches Verhalten. Teils unerheblicher Vorstoß, teils stationär, teils starke Zungenverkürzung.

1961 Ähnlich wie 1960.



Großglockner-Kamm. Starke Eiskalbungen.



Karlingerkees mit Riffltor

1962 Teils stationär, teils stärkerer Zungenrückgang.
1963 Meist stärkerer Massenverlust.
1964 Meist starke Eisabnahme.
1965 Vorherrschend positiver Jahreseishaushalt.
1966 Vielfach stark positiver Jahresmassenhaushalt. Seit vielen Jahrzehnten einmaliges Ereignis.
1967 Ausgeglichener bis mäßig negativer Jahreseishaushalt.
1968 Teil ausgeglichener, teils stark negativer Jahresmassenhaushalt.

## Verhalten einzelner Gletscher in verschiedenen Jahren

(Aussagen im Telegrammstil. Abkürzung für Jahresfirnrücklage[2] JFR, D für Dichte, JEH für Jahreseishaushalt[3] und ZÄ für Lageänderung des Zungenendes, Zahlen bei ZÄ mit Vorzeichen plus bedeuten Vorstoß, mit minus Rückgang. Datenangabe jeweils am Ende des Eishaushaltsjahres im September).

Oberster Pasterzenboden (Firnzone des Pasterzengletschers) mit Bemerkungen über den jährlichen Massenhaushalt des Gesamteiskörpers (Angaben über das Zungenverhalten bei H. PASCHINGER).

1954 JFR 180–224 cm, D = 0,59, Oberfläche spaltenreich.
1955 JFR 390–420 cm, D = 0,56, spaltenreiche Oberfläche.
1956 JFR 175–230 cm, D = 0,61, weniger Spalten als 1955, Ausbreiten der Oberfläche des Firnfeldes gegen die Kämme und Grate hin, JEH schwach negativ (kleine Gletscherspende).
1957 JFR 185–248 cm, D = 0,60, verhältnismäßig spaltenarm, JEH stärker negativ (größere Gletscherspende).
1958 JFR 213–226 cm, D = 0,62, spaltenarm, JEH etwas negativ.
1959 JFR 147–205 cm, D = 0,59, spaltenarm, JEH gering negativ.
1960 JFR 209–330 cm, D = 0,62, spaltenarm, JEH schwach positiv.
1961 JFR 225–357 cm, D = 0,57, spaltenarm, JEH vermutlich unerheblich positiv.
1962 JFR 127–365 cm, D = 0,59, Extremwerte 0,54 und 0,64, spaltenarm, JEH wahrscheinlich unbedeutend positiv.
1963 JFR 184–260 cm, D = 0,59, mehr Spalten als im Vorjahr, JEH mäßig negativ.
1964 JFR 100–281 cm, D = 0,56, absolute Höhenänderung im zentralen Firnfeldbereich − 2,07 und − 0,87 m (Vorzeichen minus bedeutet Einsinken), viele Spalten, JEH stark negativ (große Gletscherspende).
1965 JFR 294–442 cm, D = 0,59, Höhenänderungen im mittleren Teil des Firnfeldes + 2,81, − 0,35, + 3,76 und + 2,87 m, Jahreseishaushalt: Gewinn von 35,6 Mill. m³ Wasser in der Jahresfirnrücklage 1964/65, Verlust von 12,0 Mill. m³ Wasser durch die Eisbewegung vom Firn- in das Zungengebiet und 15,4 Mill. m³ Wasser Verlust der Zungenfläche ergibt einen effektiven Massengewinn von etwa 8,2 Mill. m³ Wasser, Oberfläche des Firnfeldes beinahe spaltenlos, starke Eiskalbungen unterhalb felsiger Steilabbrüche.
1966 JFR 301–352 cm, D = 0,61, absolute Erhöhung der Oberfläche des mittleren Firnfeldes um 0,73, 1,04, 0,61 und 2,87 m, Oberfläche des Firnfeldes an den Seiten gegen Kämme und Grate um mehrere Meter hinaufgerückt, wenig Spalten, Jahresmassenhaushalt: Gewinn 21,1 Mill. m³ Wasser im Nährgebiet, Verlust 12,0 Mill. m³ Wasser durch Abfluß von Eis vom Firn- in den Zungenbereich und Gewinn von 19,2 Mill. m³ Wasser im Zungengebiet ergibt einen Massenzuwachs von etwa 18,3 Mill. m³ Wasser innerhalb von 12 Monaten.
1967 JFR 259–346 cm, D = 0,61, Extremwerte 0,56 und 0,74, Geodätisch gewonnene Höhenänderungen im mittleren Firnfeldbereich − 2,05, − 1,52, − 1,64 und

[2] Jahresfirnrücklage ist der im Nährgebiet des Gletschers vom Oktober des Vorjahres bis September des Folgejahres übrig gebliebene schneeige und in Firn umgewandelte Niederschlag.
[3] Jahreseishaushalt ist die Angabe über die Massenänderung des Gletschers innerhalb eines Jahres (Oktober des Vorjahres bis einschließlich September des Folgejahres).



Geodätische Gletschermessungen vom Standpunkt Vorderer Bärenkopf

– 2,09 m, die Erhöhung der Oberfläche des Firnfeldes in den beiden Jahren vorher wurde damit zum größten Teil wieder eingebüßt. Jahreseisbilanz: Gewinn 11,85 Mill. m³ Wasser in der Jahresfirnrücklage 1966/67, Verlust 12,0 Mill. m³ Wasser durch den Transport von Eis vom Nähr- in den Zehrraum und Verlust von 1,59 Mill. m³ Wasser auf der Zungenfläche ergibt einen Eisschwund der Gesamtpasterze von etwa 4,8 Mill. m³ Wasser.

1968 JFR aus 9 Abstichen mit 1,80–2,67 m Mächtigkeit mittlere Dichte von 0,56. (Dichtewert infolge stärkerer Neuschneeauflage verhältnismäßig gering.) Geodätisch ermittelte Erhöhung der Oberfläche von 0,22 und 0,86, und 0,91 m. Horizontales Firnfließen von 18,50 und 11,28 m. Massenverlust der Pasterzenzunge nach H. PASCHINGER 14,4 Mill. m³ Eis, das ist 11,5 Mill. m³ Wasser. Jahresfirnrücklage 1967/68 minus Massentransport vom Nähr- in das Zehrgebiet in ungefähr gleicher Größenordnung wie der Eisschwund des Zungenbereiches. JEH. ungefähr ausgeglichen. Zuflußdefizit in den Speicher Margaritze 22 % des langjährigen Jahresregelwertes. Ursache: wesentlich unternormaler Niederschlag in der Zeit 1. Oktober 1967 bis 30. September 1968.

Wasserfallwinklkees

1960 JFR 141–157 cm, D = 0,63–0,68, geringfügiger Massengewinn, mehrere Spalten.

1961 JFR 220–400 cm, D = 0,61, Erhöhung der Oberfläche des Firngebietes bei Gr. Burgstall um 50 cm, JEH geringfügig positiv, wenig Spalten.

1962 ZÄ – 0,9 bis – 5,2 m, JEH mäßig negativ (Abgabe einer mäßig großen Gletscherspende), wenig Spalten.

1963 ZÄ – 17,9, – 12,0, – 26,5, – 22,0, – 13,7, – 7,3 und – 5,0 m, JEH stärker negativ.

1964 ZÄ – 0,1, – 2,7, – 1,9, – 2,0, – 1,5, – 1,9 und – 1,9 m, JEH mäßig negativ, wenig Spalten.

1965 Gletscher fast zur Gänze mit Altschnee bedeckt, Altschnee bis über das Gletscherende hinunterreichend, bei Marke L 62, Vorstoß von 6,0 m erkannt, keine Spalten erkennbar. JEH beträchtlich positiv.
1966 ZÄ gegenüber 1964 +9,2, +6,4, +3,7, +4,6, +6,1 m, Marke L 62 gegenüber 1965 +0,2 m, Firnfläche fast spaltenlos, JEH etwas positiv.
1967 ZÄ −2,3, 0,0, −2,7, 0,0, −1,1, −3,3 m Firngebiet nur vereinzelt Spalten, JEH etwas negativ.
1968 Zungenende stationär (ZÄ +0,2, +0,7, +1,5, +0,8 und −0,4 m), JFR im obersten Firngebiet 255 m, Dichte = 0,69, JEH wahrscheinlich ziemlich ausgeglichen.

Karlingerkees

1949 ZÄ 10–12 m Rückgang, Firnfläche außerordentlich spaltenreich.
1950 ZÄ im Mittel um 20 m Rückweichen, beginnender Zusammenbruch des unteren Teiles der Gletscherzunge, Einsinken der Oberfläche der Zunge etwas oberhalb ihrem Ende um 4,8–5,8 m, Bewegung des Eises an der Oberfläche der Gletscherzunge maximal nur mehr 3,0 m, Firngebiet äußerst spaltenreich.
1951 Zungenrückgang aus 11 Marken im Durchschnitt 16 m, Einsinken der Zunge vor ihrem Ende 3,3–5,0 m, horizontale Eisbewegung nur mehr wenige dm, weiterer Verfall des Zungenendes, Firngebiet sehr spaltenreich.
1952 Fortschreitender Verfall des Zungenendes, Rückweichen um 15–30 m, Firnfläche sehr spaltenreich.
1953 ZÄ −10 bis −25 m, weiterer Zungenzerfall.
1954 ZÄ ungefähr −20 m, weiterer Verfall des unteren Teiles der Gletscherzunge.
1955 Steiler Felsabfall ausgeapert zwischen unterstem Zungengebiet und weiter oben, neues Zungenende oberhalb des felsigen Steilabfalles, Eisschild unterhalb des Felsabfalles um 11 m zurückgewichen, auf Firnfläche sehr viele Spalten.
1956 Resteis unten um 3,0 m abgenommen, Gletscherzunge oberhalb des Steilabfalles nach beiden Seiten hin durch anschließenden Altschnee ausgeweitet, spaltenärmer als im Vorjahr, JEH leicht positiv (geringer Massengewinn).
1957 Resteisrückgang 3–7 m, bei Rifflscharte Erhöhung des Firnfeldniveaus um 2,0 m, schneeige Ausweitung an beiden Seiten der Gletscherzunge erhalten geblieben, wahrscheinlich kein Substanzverlust seit 1956.
1958 Resteis von oben durch Eisabbrüche und Lawinenschnee genährt, keine Abnahme des Eisschildes unterhalb des Felsabsturzes, kaum Eiseinbuße des Gesamtgletscherkörpers.
1959 Resteis im Talschluß 9 m Horizontalschwund, Jahreseisbilanz ungefähr ausgeglichen.
1960 Resteis des alten Zungenendes um 4,5 m zurückgegangen, schneeige Ausweitung an beiden Seiten der Gletscherzunge größtenteils noch vorhanden, JFR in 2800 m 300 cm mit Dichte 0,59, weniger Spalten als 1959, wahrscheinlich geringfügige positive Jahres-Eisbilanz.
1961 ZÄ des Resteises −5,6 m, JFR 151–400 cm, D = 0,63, Firngebiet spaltenärmer als früher, JEH gering positiv.
1962 Resteisschild (altes Zungeneis) durch Auflage von Kalbungseis von oben her um 7,5–20,0 m nach vorne gerückt, vermutlich keine wesentliche Substanzänderung des Gletschers.
1963 Altes Zungenende um 15,5 m abgenommen, Altschnee an beiden Seiten des höheren Zungenteiles deutlich weniger als im Vorjahr, JEH stärker negativ.
1964 Altes Zungenende um 11,5 m verkleinert, Altschnee an den beiden Seiten der Zunge oberhalb des Steilabfalles fast völlig verschwunden, JEH, wahrscheinlich beträchtlich negativ. Im Firngebiet mehr Spalten als früher.
1965 Altes Zungenende um 20 m weiter nach vorne gerückt, verursacht durch stark verfestigtes Kalbungseis von oben und durch Lawinenschnee, neue Altschneeanlagerungen an beiden Seiten der höheren Zungenfläche, JFR bis 4 m, D = 0,59, JEB positiv. Firnfläche spaltenreich.

1966 Resteis weiter um 10 m nach vorne gerückt, restliches Eis der alten Gletscherstirn erstmals wieder mit dem weiter oben befindlichen Eiskörper in schmaler Eisverbindung, Firngebiet spaltenreich.
1967 Resteis um 3,7 und 4,7 m vorgegangen, Firngebiet spaltenreich, JEH wahrscheinlich ausgeglichen.
1968 Resteisschild unter dem Zungenende oberhalb des felsigen Steilabfalles um 10 bis 20 m durch Auflage von gekalbtem Eis und Lawinenschnee nach vorne gerückt. Zwischen dem Resteis unten und dem Zungenende oberhalb des Felsabschwunges wurde die Eisverbindung gegenüber dem Vorjahr etwas breiter. JEH vermutlich unerheblich positiv.

Schwarzköpflkees
1955 ZÄ bei A + 1,2 und 2,2 m, bei C − 3,2 und − 3,6 m.
1956 ZÄ − 0,3, − 1,3, − 4,4 und − 2,9 m, mächtiger Lawinen- und Eisrest von Kalbungen am unteren Zungenrand von 1955 liegen geblieben, Zungenbereich mit dem Firnfeld nur mehr an der Ostseite in direkter Eisverbindung, Felsbarriere weiter ausgeapert.
1957 ZÄ − 1,3, − 11,1, − 8,0, − 18,3, bei A Vorstoß von 2,4 m, Felsbarriere weiter ausgeapert, JEH stark negativ.
1958 ZÄ − 6,8, − 10,5, − 15,1, − 8,2 und − 26,4 m, JEH stark negativ (starker Massenschwund).
1959 ZÄ + 0,3, + 0,7, − 0,6, − 4,0 und − 1,5 m, JEH unerheblich negativ.
1960 Dünnes Zungenende zusammengebrochen, rechts Rückgang von 10–20 m, links stationär bis 1,9 m Vorstoß, Eisverbindung zwischen unterem und oberem Teil verschmälert, JEH stärker negativ (Abgabe einer größeren Gletscherspende).
1961 Weiterer Zungenzusammenbruch auf der rechten Seite, Zungenrückweichen zwischen 2,9 und 40 m, JEH stark negativ (starker Eisverlust von 1960 auf 1961).
1962 ZÄ − 4,0 bis − 5,8 m, Zunge auf der linken Seite vor ihrem Ende von bis zu 5 m mächtiger fester Eismasse von Lawinenschnee und gekalbtem Eis in der Länge von 60 m überlagert, Eisverbindung zwischen unten und oben nicht deutlich verschmälert, JEH mäßig negativ.
1963 ZÄ − 17,5, − 16,0, − 23,1 und mehr als − 40 m (an der rechten Seite), JEH ansehnlich negativ (Dargebot einer großen Gletscherspende).
1964 ZÄ − 0,5, − 21,0, − 33,1 und − 19,5 m, JEH beträchtlich negativ.
1965 Gletscher gänzlich mit Altschnee bedeckt, bis über das untere Ende hinunterreichend, Zungenende nicht einmeßbar, wahrscheinlich geringer Zungenvorstoß, JEH leicht positiv, oberhalb des Zungenendes auf der linken Aufwölbung der Gletscheroberfläche noch immer vorhanden, JEH positiv.
1966 Altschnee über dem Zungenende, bei E Vorstoß von 4,0 m, Aufwölbung auf der linken Seite der Zunge noch höher geworden, JEH leicht positiv.
1967 ZÄ + 8,7, + 2,7, + 12,9 (Wert fraglich) und − 0,3 m, Aufwölbung der Zungenoberfläche wie im Jahr 1966, JEH wahrscheinlich leicht positiv.
1968 Aufwölbung der Zungenoberfläche noch vorhanden, ZÄ + 0,1, − 2,3, − 14,0, − 4,6, − 5,0 m, vor Zusammenbruch der unteren Zungenteile, dort bereits in der dünnen Eisdecke Löcher bis zum Gletschergrund, JEH vermutlich stark negativ.

Klockerinkees
1951 Bei C Vorstoß von 2,0 m, andere Marken durch Baumaßnahmen der TKW AG. verloren.
1952 ZÄ − 4,2 und − 2,3 m, Störung durch künstliche Eingriffe.
1953 ZÄ − 16,7 m, Zungenende gestört.
1954 ZÄ − 17,0 m, Zungenende gestört.
1955 ZÄ − 8,0 m.
1956 Rechts Vorstoß um einige Meter, Zungenende mit Altschnee bedeckt, der über

die Zubringerstraße hinweg fast bis zum Stausee reichte, Altschnee von gekalbtem Eis und Lawinenschnee herrührend.
1957 ZÄ – 6,7 m, Zunge zeigt beginnende Zerfallserscheinungen.
1958 ZÄ – 1,0 m, Zunge keine wesentliche Änderung gegenüber 1957.
1959 ZÄ + 5,2 m.
1960 ZÄ – 3,2 m, Einbrüche vor dem Zungenende, Hinweis auf baldigen Verfall des Gletscherendes.
1961 ZÄ – 2,0 und – 6,1 m, rechtes Zungenende im Zusammenbruch.
1962 ZÄ – 5,3 und – 6,8 m, weiterer Zerfall des rechten Zungenteiles.
1963 ZÄ – 17,1, – 14,5 und – 20,2 m, Zusammenbruch des Zungenrandes.
1964 ZÄ – 37,8, – 14,5 und – 47,0 m, fortschreitender Zusammenbruch des unteren Teiles der Gletscherzunge.
1965 Gletscher mit Altschnee bedeckt, der in der Talung des Gletscherbaches bis 20 m vor den Stausee hinunterreichte.
1966 Zungenende stationär geblieben.
1967 ZÄ + 2,5, + 2,7 und – 2,3 m, Altschnee reicht in Vertiefung über das Zungenende hinunter.
1968 ZÄ – 9,2, – 7,2, – 6,0 und – 8,5 m, JEH stärker negativ.

Eiserkees
1955 Altschnee über das Zungenende hinweg, geringer Gletschervorstoß anzunehmen.
1956 Alle Marken im Zungenvorland von Eis überfahren, schwacher Zungenvorstoß anzunehmen, Altschnee unterhalb der Zunge.
1957 Marken unter Eis, schwacher Vorstoß, Altschnee unterhalb.
1958 Marken unter Eis, vermutlich stationär, Altschnee unterhalb.
1959 Marken noch nicht eisfrei, vermutlich geringer Vorstoß.
1960 und 1961 wie 1959. Altschnee unterhalb der Zunge.
1962 ZÄ bei einer Marke – 3,2 m gegenüber 1954. JEH geringfügig negativ, Altschnee unterhalb des Zungenendes.
1963 ZÄ gegenüber 1954 – 8,2, – 11,9, – 15,7 und – 10,6 m. Altschnee unterhalb des unteren Gletscherrandes fast zur Gänze verschwunden, spaltenreicher als in den Jahren vorher.
1964 ZÄ – 7,1, – 9,1, – 5,3 und – 8,9 m, Altschnee am Zungenende restlos verschwunden. JEH negativ.
1965 Gletscher zur Gänze mit Altschnee bedeckt, der weit über den unteren Rand in die Tiefe reicht, geringer Zungenvorstoß als Auswirkung der jährlichen Eisbewegung, JEH positiv.
1966 Altschnee über dem gesamten Eiskörper und über den unteren Rand hinunterreichend, geringes Vorrücken anzunehmen. JEH positiv.
1967 ZÄ gegenüber 1964 mit + 11,0, 14,8 m, weitere Marken noch unauffindbar, JEH positiv, oder ausgeglichen.
1968 Alle Vorlandsmarken unter Altschnee. Wahrscheinlich geringer Zungenvorstoß. JEH vermutlich leicht positiv.

Grießkoglkees
1955 Bei A kleiner Vorstoß, bei C und D Rückgang von 3,2 und 3,6 m.
1956 ZÄ + 3,4 und + 4,7 m bei C und D, A und B unter Eis, Altschnee weit unter den Zungenrand hinunterreichend, JEH gering positiv.
1957 Bei B Vorrücken um 7,7 m gegenüber 1955, weitere Marken nicht einmeßbar, Altschnee weit hinunterreichend, JEH leicht positiv.
1958 ZÄ – 5,4 und – 9,7 gegenüber 1956, bei A stationär, JEH stärker negativ.
1959 ZÄ + 1,4, + 2,9, + 5,2 und + 2,0 m, Ausmaß und Mächtigkeit der an das breite Zungenende anschließenden Altschneedecke verringert. JEH wahrscheinlich beträchtlich positiv.

1960 Zungenende stationär (ZÄ – 1,0, – 0,4, + 1,2 und – 0,6 m), JEH geringfügig positiv.
1961 Zungenende stationär, wahrscheinlich leichte Abnahme der Eissubstanz.
1962 Zungenrand stationär (– 1,4, + 0,6, + 0,3, – 0,6 und – 0,8 m), Messungen wegen Marken vor dem Zungenende recht genau, Mächtigkeit und Ausdehnung der an das Gletscherende anschließenden in Rinnen hinunterziehenden Altschneedecke gegenüber Vorjahr etwas abgenommen. JEH vermutlich ausgeglichen.
1963 ZÄ – 11,9, – 16,5, – 21,5, – 9,6, – 14,0 und – 10,4 m, wesentlich mehr Spalten als im Vorjahr, JEH stärker negativ.
1964 ZÄ – 16,6, – 0,2, – 3,1, – 2,3 und – 7,5 m, Altschnee unterhalb des unteren Zungenrandes fast zur Gänze abgeschmolzen, JEH mindestens mäßig negativ.
1965 Gletscher völlig unter fester Altschneedecke, als Auswirkung der Eisbewegung schwacher Vorstoß anzunehmen, JEH positiv.
1966 ZÄ von 1964 auf 1966 + 5 bis + 6 m, + 3,0 und + 5,4 m, in Rinnen und Mulden Altschnee der Ablagerung 1965/66 stellenweise weit unter den unteren Zungenrand hinunterreichend, JEH positiv.
1967 ZÄ + 3,0, und bei A unsicher + 4 bis + 5 m, größter Teil der Gletscherfläche unter einer festen Altschneedecke, Altschnee auch in Mulden und Rinnen noch weit hinunterreichend, JEH noch unerheblich positiv.
1968 Marken vor der Gletscherzunge zum Teil vom Eis überfahren. Einwandfrei geringer Vorstoß der Zunge. JEH schwach positiv.

Schmiedingerkees
1949 ZÄ – 6,5 und – 8,0 m, viele Spalten.
1950 ZÄ – 13,0 und – 20,6 m, viele Spalten.
1951 ZÄ – 9,5 und – 10,5 m, viele Spalten.
1952 ZÄ – 10,9 und – 12,5 m, viele Spalten.
1953 ZÄ – 13,5 und – 8,2 m, Einsinken der Firnoberfläche in der Höhe bis zu 1,8 m, sehr spaltenreich.
1954 ZÄ – 2,4 und – 2,4 m, Erhöhung des Firnfeldniveaus an den Rändern 1,4 bis 1,8 m, weniger Spalten als im Vorjahr.
1955 ZÄ – 8,9 und – 6,6 m, JFR 240–340 cm, D = 0,59, Firnfelderhöhung am Rand 0,75–3,40 m, spaltenärmer als 1954.
1956 ZÄ – 1,8 und + 0,1 m, JFR 190–250 cm, D = 0,60, Erhöhung des Firnfeldrandes 1,2–2,5 m, spaltenarm, JEH deutlich positiv.
1957 ZÄ – 7,2 und – 0,1 m, JFR 170–300 cm, D = 0,59, spaltenarm, JEH wahrscheinlich geringfügig positiv, Erhöhung des Firnfeldrandes um 1,7–3,0 m.
1958 ZÄ – 10,2 und – 9,8 m, Einsinken der Firnoberfläche am Rand bis zu 1,50 m, JEH stark negativ (Abgabe einer größeren Gletscherspende).
1959 ZÄ – 15,3 und – 8,7 m, Firnfeldrand gering erhöht, JEH schwach negativ, Firnfläche spaltenarm.
1960 ZÄ – 15,3 und – 8,7 m, unterster Zungenbereich nunmehr durch einen steilen Felsrücken von der oberen Eismasse getrennt, JFR 90–130 cm, D = 0,58, Jahreszuwachs auf dem Firnfeldrand maximal 1,3 m, Firnfläche noch spaltenarm, JEH deutlich negativ.
1961 ZÄ der alten Gletscherzunge – 1,0 und – 1,8 m, an der Seite des Firnfeldes Erhöhung der Oberfläche bis zu 7,0 m, JFR 123–196 cm, D = 0,56, JEH deutlich stärker positiv.
1962 ZÄ 0,0 und – 6,4 m, Einsinken der Zunge bis 1,85 m, am Firnfeldrand Anschwellen der Oberfläche bis 2,2 m, JFR 57–176 cm, D = 0,58, Spalten erschienen, die 1961 noch nicht vorhanden waren, JEH beträchtlich negativ.
1963 ZÄ (alte Zunge) – 28,8 und – 14,8 m, Seilbahnstützenfels um 2,5 m gegenüber 1962 emporgestiegen, Erniedrigung des Firnfeldrandes 0,7–1,4 m, mehr Spalten als im Vorjahr, JFR 49–109 cm, D = 0,56, JEH ansehnlich negativ.
1964 Alter Eisrest des früheren Zungenendes bis auf 50 m² großen Fleck zusammen-

geschmolzen, Eisdicke am Ende 2,5 m, neues Zungenende oberhalb des Felsrückens gegenüber Vorjahr eingesunken, Spalten wie im Vorjahr, JFR 34 bis 172 cm, D = 0,60, JEH stärker negativ.

1965 Neues Zungenende unter Altschnee, Oberfläche des Firnfeldrandes örtlich bis über 10 m bergflankenaufwärts in die Höhe gerückt, Firnfeld spaltenlos, JFR 218–333 cm, D = 0,60, Felsinsel mit Seilbahnstütze um 1,7–2,9 m erniedrigt, geodätische Messungen im zentralen Firngebiet ergaben eine Erhöhung der Oberfläche von 2,27, 2,36, 2,52 und 2,35 m, JEH beträchtlich positiv.

1966 Neues Zungenende unter Altschnee, in größeren Höhen des Firnfeldes Erhöhung des Randes bis maximal 0,9 m, beim Seilbahn-Stützenfels keine Änderung gegenüber dem Vorjahr, absolute Erhöhung der Oberfläche im mittleren Firnbereich 1,56, 0,54, 1,62 und 0,88 m, JFR 141–249 cm, D = 0,58, Firngebiet fast spaltenlos, JEH positiv.

1967 Neues Zungenende erstmals wieder altschneefrei, am Firnfeldrand Erniedrigung der Oberfläche 0,5–1.7 m, Felsrücken mit Seilbahnstütze um 1,0 m emporgestiegen, absolute Höhenänderungen im mittleren Firnfeldgebiet (aus geodätischen Messungen) − 0,05, − 0,44, −0,39 und + 0,03, JFR 80–240 cm, D = 0,61, an rechter Seite eine Reihe von Spalten aufgetaucht, JEH negativ.

1968 Erhöhung der Oberfläche des Firngebietes an der Magnetköpflseite bis zu 2 m. Oberfläche des Firnfeldes spaltenarm. JFR aus 12 Abstichen mit einer Mächtigkeit zwischen 1,40 m und 2,17 m im Mittel 0,49 (Wert wegen Neuschneeauflage von 20–60 cm verhältnismäßig gering). Zungenende unter Schnee. Firnniveau bei Fels mit Seilbahnstütze gegenüber Vorjahr kaum Höhenänderung.
Im Jahre 1966 wurden vom Institut für Reine und Angewandte Geophysik der Universität Münster unter der Leitung von Brockamp eisseismische Untersuchungen vorgenommen. Die Gletscherdicke war in 2920 m Meereshöhe 36,5 m, in 2850 m 78,5 m und in 2830 m 24,4 m (dort Felsriegel vom Magnetköpfl unter das Eis ziehend).

## Gletscherverhalten und Verlauf der meteorologischen Elemente in der Hochgebirgsregion

Wie bereits früher angedeutet waren die Lageänderungen der Zungenänderungen und die Schwankungen des Jahreseishaushaltes die Folge eines komplexen Zusammenwirkens der einzelnen meteorologischen Elemente in großen Höhen des Gebirges. Als Repräsentant des Hochgebirgsklimas mögen einzelne meteorologische Daten vom benachbarten Rauriser Sonnblick 3106 m herangezogen werden.

Die Bremsung des starken Zungenrückganges und die Abschwächung des Massenschwundes bis zum Teil geringe Arealzunahme und Substanzvermehrung in einzelnen Jahren nach der Mitte dieses Jahrhunderts ist in erster Linie auf die Zunahme des atmosphärischen Niederschlages und auf das jeweilige Verhalten der Sommertemperatur (Juni, Juli und August) zurückzuführen. Die Abbildung 1 läßt ohne Zuhilfenahme geglätteter Kurven erkennen, daß die sommerlichen Niederschläge abgeleitet aus allen Totalisatoren der Großglocknergruppe von 1951 an von Jahr zu Jahr kräftig schwankend einen deutlichen Zunahme-Trend aufwiesen. (Auch die Jahresmengen des Niederschlages stiegen an.) Der Niederschlag auf dem Rauriser Sonnblick verhielt sich ganz ähnlich zunehmend wie im Glocknergebiet.

Die Lufttemperatur der Sommermonate Juni, Juli und August sank in der Nivalregion von 1950 bis 1955 im Mittel dieser Monate um mehr als 2° C ab. In der Folge schwankte sie etwas weniger kräftig bis in die Gegenwart ohne aber jene Höhe wie 1950 zu erreichen. Parallel mit dem starken Rückgang der Sommertemperatur verringerte sich ab 1950 die Sonnenscheindauer im Jahr 1950 mit etwa 640 Stunden auf 340 Stunden im Jahr 1954. Diese enorme Strahlungsabschwächung mußte ohne Zweifel nachhaltig auf die Eissubstanz der Gletscher eingewirkt haben. Nach 1954 war die Sonnenscheindauer nicht immer völlig gleich wie die Lufttemperatur verlaufend.

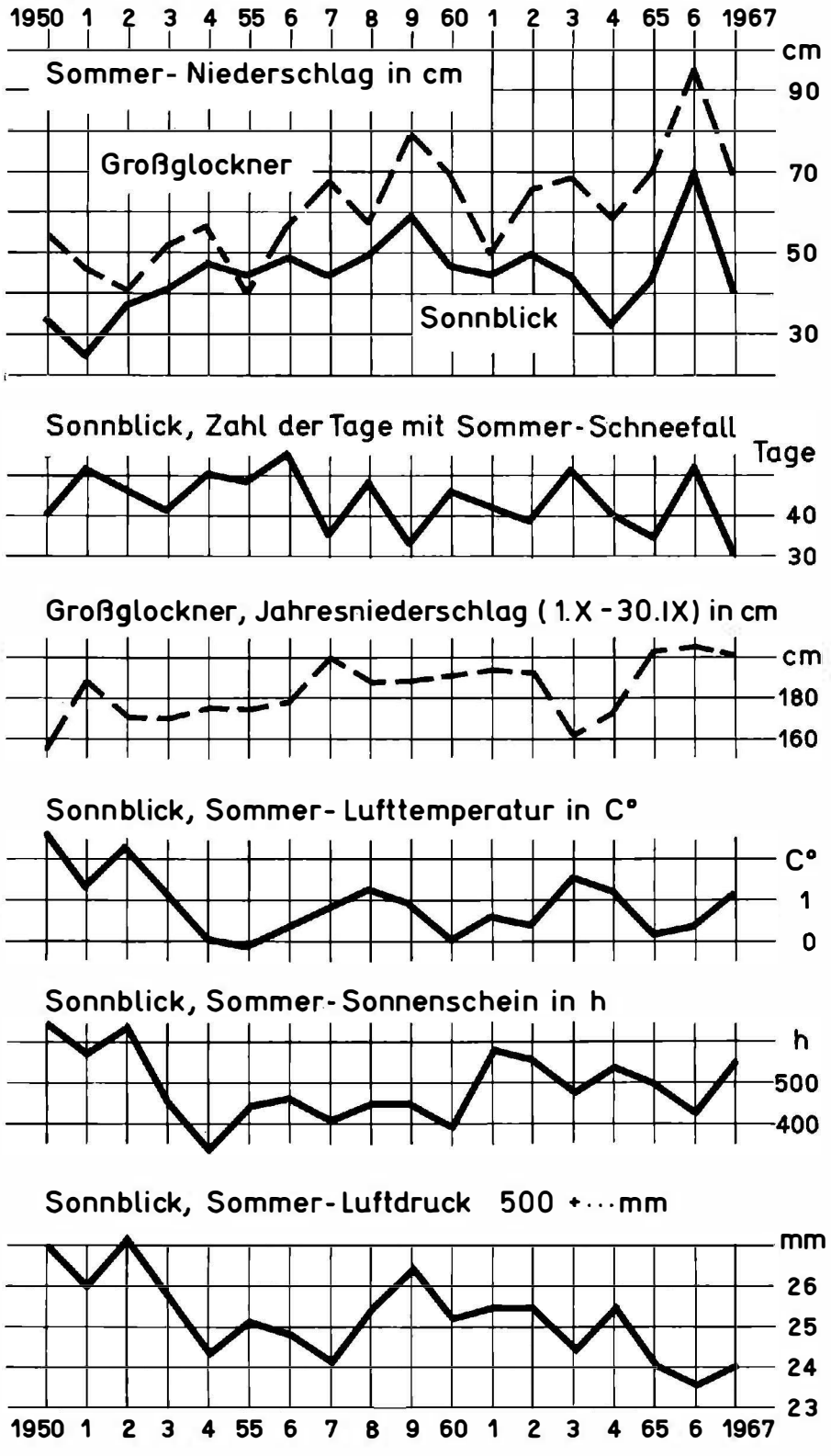



Abb. 1: Sommer- und Jahresniederschlag (Juni, Juli und August, und 1. Oktober bis 30. September) im Großglocknergebiet und Sommerwitterung (Juni, Juli und August) in der Hochgebirgsregion, gekennzeichnet durch den Rauriser Sonnblick 3106 m.

Die Häufigkeit des festen Niederschlags im Sommer in der Hochgebirgsregion zeigte von Jahr zu Jahr erhebliche Schwankungen, ließ aber keinen Zunahme-Trend von 1950 bis 1967 erkennen. Die Zahl der Tage mit Schneefall in den Monaten Juni, Juli und August sagt nichts über die Intensität des Niederschlages aus. Für den Eishaushalt der Gletscher ist es durchaus nicht gleichgültig ob nur gerade einige Schneeflocken fielen oder ob der fallende feste Niederschlag eine länger andauernde und tiefer herabreichende Neuschneedecke bildete.

Der atmosphärische Luftdruck der Sommermonate im Niveau von 3106 m nahm von der Mitte dieses Jahrhunderts unregelmäßig schwankend bis in die Gegenwart ab.

Das einmalige Gletscherverhalten des Eishaushaltsjahres 1965/66 wurde, wie die Abbildung 1 anschaulich darbietet, verursacht durch: ungewöhnlich starken Niederschlag, tiefe Temperatur, geringe Sonnenscheindauer und große Häufigkeit des festen Niederschlages im Sommer 1966. Der Sommer 1966 besaß auch den tiefsten Luftdruck des Zeitabschnittes 1950 bis 1967.

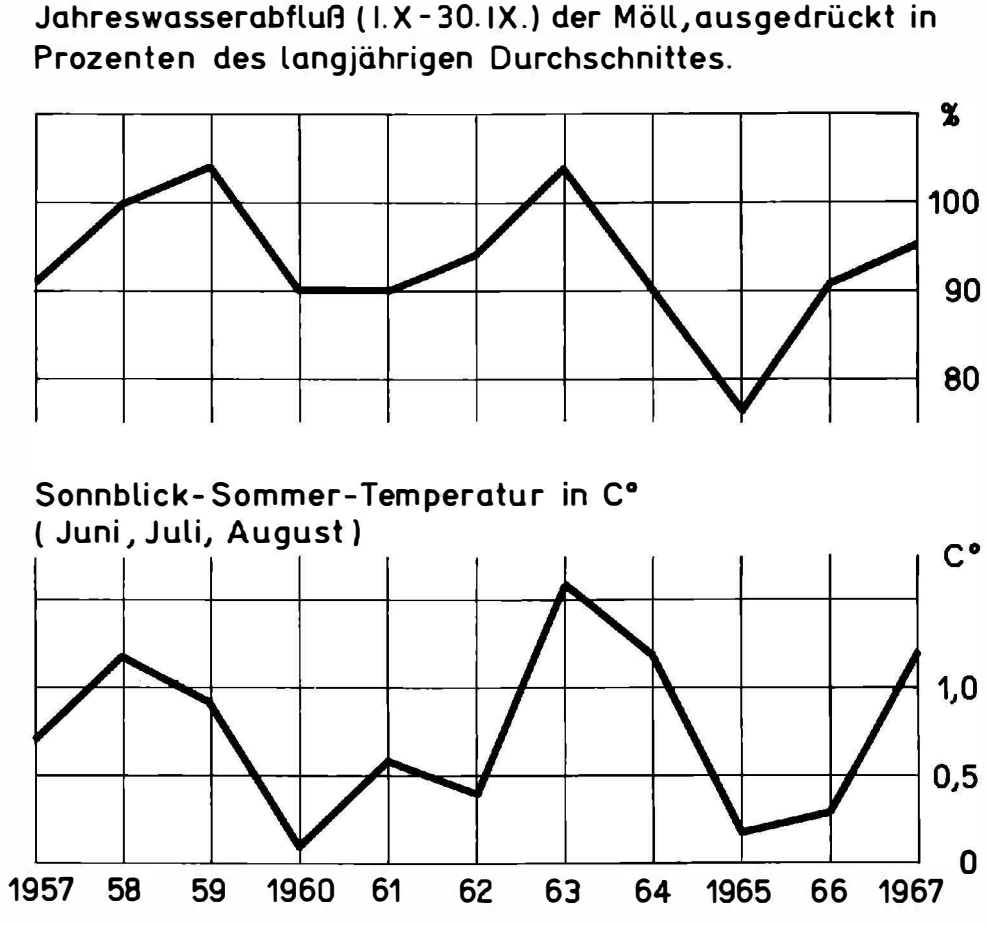
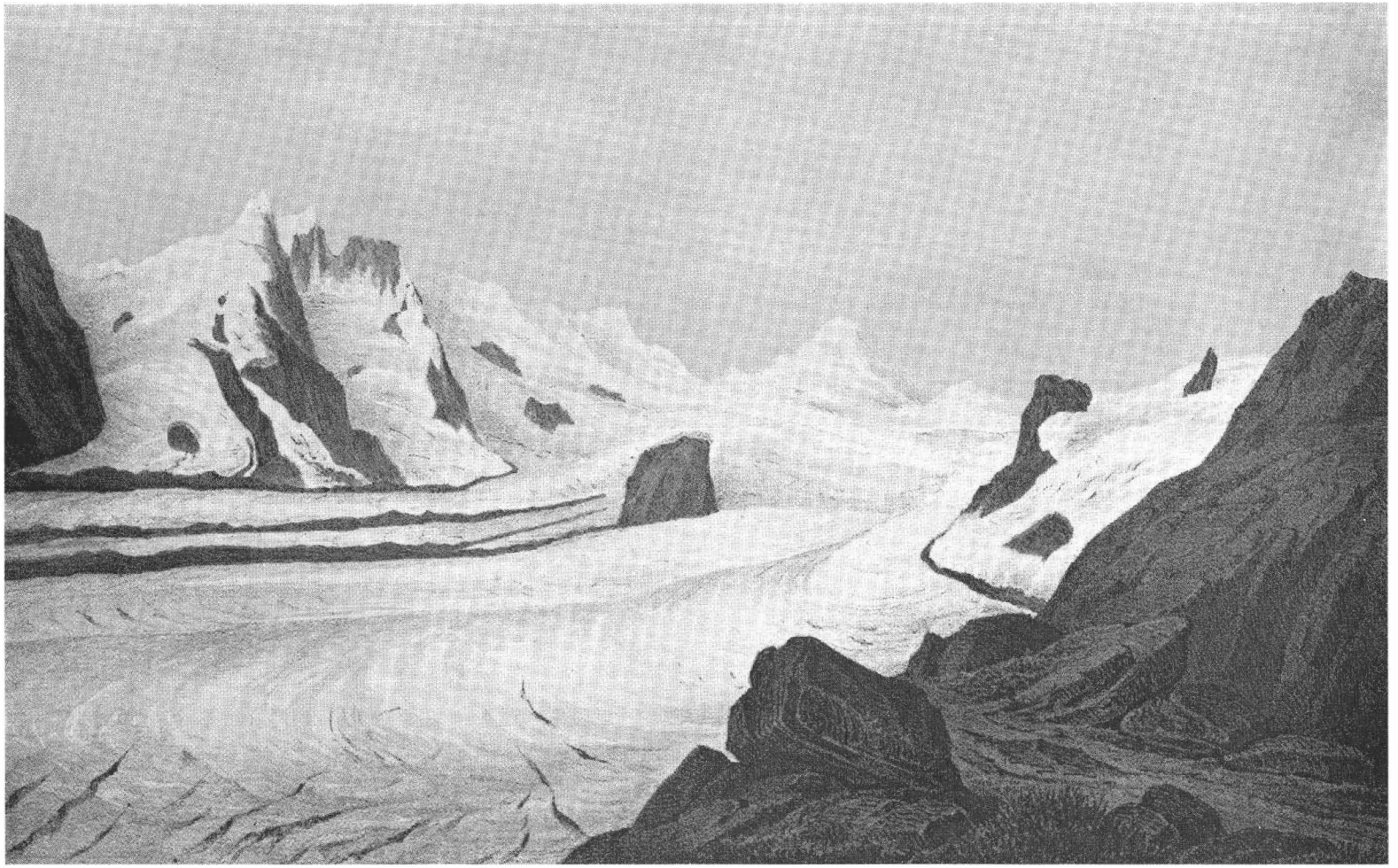



Abb. 2: Beziehung zwischen Abfluß der Pasterze (oberste Möll) und Sommertemperatur im Hochgebirge (Sonnblick 3106 m).

## Verhalten der nivalmetcorologischen Elemente und Gletscherabfluß

Die Allgemeinheit interessieren nicht nur die Schwankungen der Gletscher in bezug auf eine Änderung ihrer Flächenausdehnung und ihrer Eismächtigkeit, sondern auch die Abflüsse in den Gletscherbächen. Hier zeigte sich, daß die Wasserführung der Hochgebirgsgewässer aus stark vergletscherten Einzugsgebieten in hohem Maße von der Lufttemperatur der warmen Jahreszeit abhängt. Die Abbildung 2 veranschaulicht den Abfluß des Pasterzengletschers und den Zufluß in den Speicher Margaritze der Tauernkraftwerke A.G. und die Sommertemperatur in der Höhe von 3106 m (Rauriser Sonnblick). Sehr warme Hochgebirgssommer in der Firnregion lassen viel des gefallenen festen Niederschlages abschmelzen und abfließen, während kühlere und wolkigere Sommer stärker eis- und firnkonservierend wirken, damit den Abschmelzprozeß vermindern und eine geringere Schmelzwassermenge darbieten. Für den Wasseranfall in die Speicherbecken der hochalpinen Wasserkraftwerke, ob eine Gletscherspende zusätzlich eingenommen wird oder nicht, ist demnach in der Hauptsache nicht der atmosphärische Niederschlag, sondern in erster Linie der thermische Sommercharakter der Hochgebirgsregion ausschlaggebend.



Der Pasterzengletscher. Nach der Natur gezeichnet von Hermann Schlagintweit 1848.

# Die Pasterze in den Jahren 1924 bis 1968

Von Herbert Paschinger (Graz)

Früher als an den meisten anderen Gletschern der Ostalpen begannen an der Pasterze systematische Beobachtungen und Nachmessungen. Seit 1879 führte nämlich Fr. Seeland jährliche Beobachtungen über den Zustand des Gletschers und Messungen seines Rückganges wie auch für ganz wenige Punkte seiner Bewegung durch. Seine aufschlußreichen jährlichen Berichte gehen bis 1899. Ihm folgte H. Angerer von 1901–1921. Danach trat leider eine Beobachtungslücke ein, doch scheint sich der Gletscher in diesen Jahren, die in den westlichen Ostalpen einen deutlichen Vorstoß brachten, nur wenig verändert zu haben. V. Paschinger führte die Arbeiten von 1924–1946 weiter; dabei war ihm häufig der Schreiber dieser Zeilen behilflich und setzte die Arbeiten von 1947 bis 1959 fort. Seither führten einige Absolventen des Geographischen Instituts der Universität Graz, wie Dr. G. Gruber, Dr. H. Aigelsreiter und Dr. E. Neuer, die Nachmessungen durch. Der Verfasser nahm auch im letzten Jahrzehnt an den Nachmessungen häufig teil und behielt so den Gletscher bis heute als eines seiner Hauptarbeitsgebiete im Auge.

Seit Jahrzehnten hat wie in den übrigen österreichischen Alpen so auch an der Pasterze der Alpenverein die Gletschermessungen im Rahmen seiner wissenschaftlichen Arbeiten organisiert, koordiniert und unterstützt. Wenn hier über die letzten 40 Jahre der Nachmessungen an der Pasterze berichtet werden kann, so hat der Alpenverein großen Anteil an den dabei gewonnenen Ergebnissen.

Die älteren Arbeiten an der Pasterze und seine eigenen vieljährigen Beobachtungen hat V. Paschinger (1948) in einer ausführlichen Arbeit behandelt. Während seiner Tätigkeit am Gletscher wurde ein bedeutendes Netz von Marken und Steinlinien aufgebaut. Er begann 1927 mit der tachymetrischen Aufnahme der schon von Fr. Seeland zur Bestimmung der Gletschergeschwindigkeit und nach ihm benannten Seelandlinie (14 Steine). 1935 wurde die Linie zwischen Mittlerem und Kleinem Burgstall (9 Steine), (Burgstall-Linie), 1936 die Sattellinie unter der Franz-Josefs-Höhe (6 Steine) eingerichtet. Rund zwei Jahrzehnte wurden die kurzen Steinlinien am Hofmannskees und auf dem Kleinen Burgstall fast jährlich aufgenommen. Der Verfasser dieser Zeilen richtete 1947 eine kurze Linie zwischen Hohem und Mittlerem Burgstall (3 Steine) und eine Linie im Firnbereich über der Oberwalderhütte in 3000 m Höhe ein. Nebenbei liefen ohne Unterbrechung die schon seit Fr. Seeland durchgeführten Kontrollen des Verhaltens der Gletscherstirne durch Bandmessung von fixen Marken nach dem Gletscherrande hin (Fig. 1). So ergibt das Profilsystem eine vieljährige Zahlenreihe. Überdies ermöglicht die 1964 aufgenommene neue AV-Karte des Glocknergebietes den Vergleich der Gletscher mit denen der AV-Karte des Jahres 1924.

So erscheint ein Rückblick auf die letzten Jahrzehnte des Pasterzenlebens vertretbar.

## 1. Die Größenänderung der Pasterze 1924–1964

Die photogrammetrische Aufnahme der tieferen Lagen der Gletscher der Glocknergruppe für die AV-Karte fand nach R. Finsterwalder im Jahre 1924 statt, während die damals stark verschneiten Firngebiete erst im nächsten Jahre aufgenommen wurden (1928, S. 80). Der Gletscherstand der neuen AV-Karte bezieht sich auf das Jahr 1964. In diesen 40 Jahren hat vor allem das Gletscherende mannigfache Änderungen erfahren.

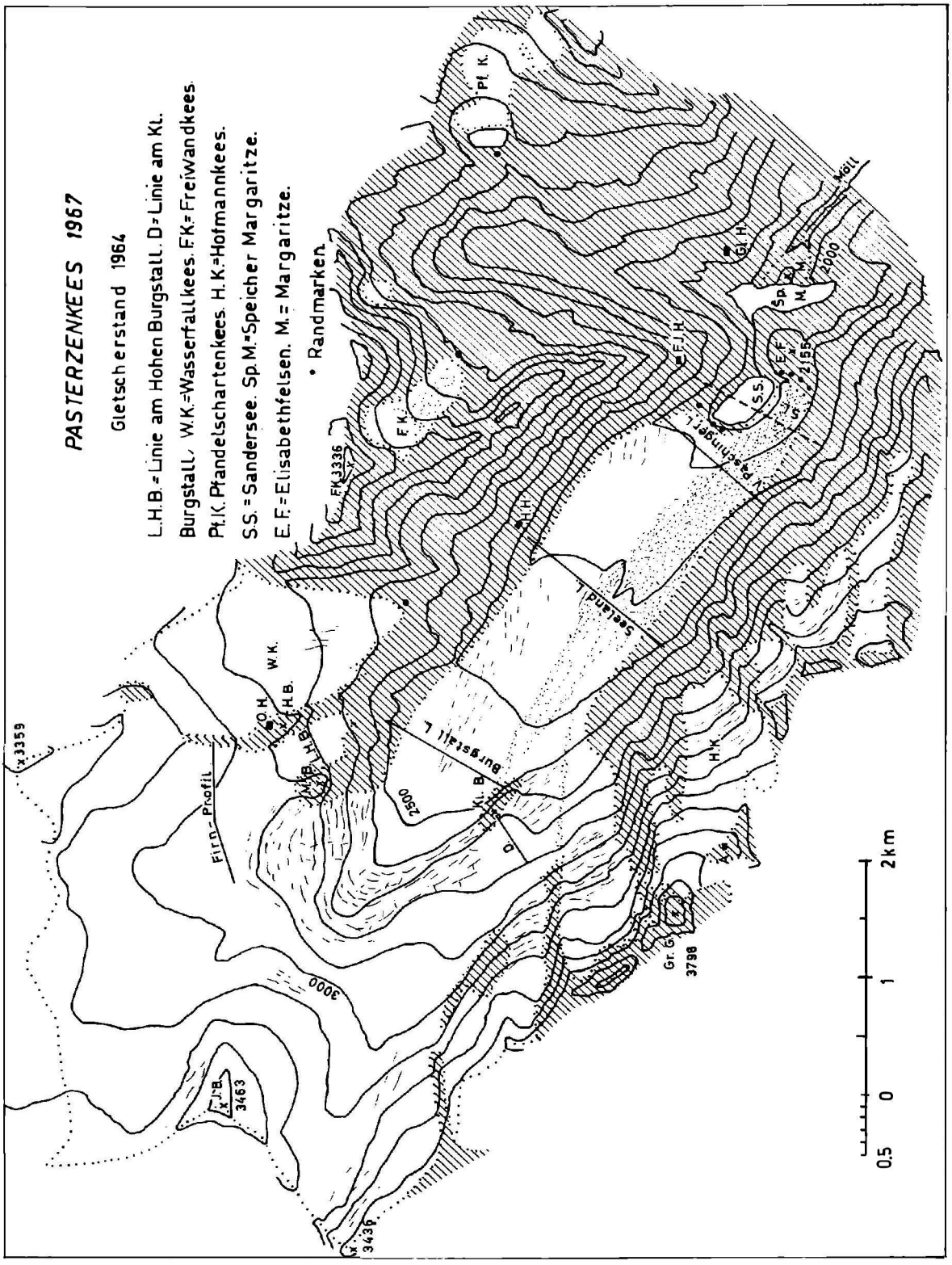



Fig. 1. Das Pasterzenkees 1967 mit den Einrichtungen zur jährlichen Nachmessung.

In den 20er Jahren war die Pasterze noch ein ansehnlicher Eisstrom mit praller Zunge. Schon während des ersten Weltkriegs konnte unter der Hofmannshütte ein Ansteigen des Eises festgestellt werden. Es erfolgte allem Anschein nach – die Nachmessungen setzten 1921/1924 aus – zum Unterschied zu den Tiroler und Schweizer Gletschern kein Vorstoß, aber das Zungenende blieb doch so gut wie stationär. Noch in den nächsten Jahren zeigen einzelne Gletschermarken ein Vorrücken an, und erst 1929 begann ein allgemeiner Rückgang des Gletscherrandes, der mit großen Schwankungen ununterbrochen bis heute andauert.

So zeigte sich 1924 vom Glocknerhaus gesehen noch eine mächtig gewölbte Zunge, die links mit einer in der Möllschlucht liegenden Spitze in das Niveau des heutigen Margaritzen-Stausees herabreichte. Der rechte moränenbedeckte Zungenteil endete in breiter Front, durch Scherflächen gegliedert, auf der Kuppe des Elisabethfelsens und unter dem kleinen Sattel zwischen diesem Felsen und den Hängen des oberen Keesbodens. Der Untere Pasterzenboden war im Durchschnitt bis zur Höhe von 2200 m von Eis erfüllt; es lag auch am Oberen Pasterzenboden nahe an 100 m höher als heute. Von der Hofmannshütte oder vom damaligen Berggasthof Franz-Josef-Haus nahe dem heutigen letzten Parkplatz war man in wenigen Minuten auf dem Gletscher.

Noch 1946 endete der Gletscher in breiter Front am Hang des Elisabethfelsens und reichte mit einer Spitze noch in die Möllschlucht hinein. Schon zu diesem Zeitpunkt war es klar, daß das ganze den Unteren Pasterzenboden bedeckende Eis über einem muldenförmigen Untergrund nur mehr wenige Zehner von Metern mächtig sein konnte. Mit dem Jahre 1950 begann der Eiszerfall in diesem Bereiche, der Gletscher sank rasch ab, wurde immer flacher und wies von Jahr zu Jahr riesige Massenverluste auf. Dagegen hielt sich der moränenbedeckte rechte Gletscherteil besser, er wich nur allmählich in einer bis 10 m hohen Eiswand zurück. Der Zungenrand war zerfranst, unterhöhlt und verschmutzt. Kleine Wintermoränen und glattgeschliffene und gekritzte Felsflächen wurden frei (Abb. 1).

Im Jahre 1952 begann sich der Gletscher am Unteren Pasterzenboden einzumulden. Der Gletscherrand wich gleichmäßig zurück, 1955 hatte er sich fast aus der Möllschlucht zurückgezogen (Abb. 3). Man sah am linken Zungenrand durch Spalten ein subglaziales Schmelzwassergerinne. Infolge der starken Abschmelzung des moränenfreien Eises und der Konservierung des Eises der moränenbedeckten Seite wurde die Neigung nach links hin immer bedeutender. 1956 sah man zum erstenmal die Möll als mächtigen Schmelzwasserbach unter der flachen, zerbrechenden Gletscherstirn hervorquellen und in die nun eisfreie Möllschlucht stürzen. Es entwickelte sich in dieser Zeit eine kurze Mittelmoräne, die von der Stufe unter der Franz-Josefs-Höhe ausging und einen subglazialen Felsrücken anzeigte. In den nächsten Jahren gab es kreisförmige Einbrüche am Unteren Pasterzenboden. Die Eistrümmer schmolzen rasch ab und es trat ein breiter Talboden zutage, auf dem der zeitweise einem Gletschertor entspringende Bach mäandrierte. Es entwickelte sich ein Sandersee, der durch das Rückschmelzen des Gletschers laufend größer wurde. 1960 hatte der Sandersee schon bedeutenden Umfang erreicht. Die zu ihm abbrechende Stufe wurde immer steiler, der moränenbedeckte rechte Teil begann durch Längsspalten und tiefe Einbrüche in situ zu zerfallen.

Im Jahre 1962 riß zu oberst auf der Gletscherstufe unter der Franz-Josefs-Höhe das erste Felsfenster auf. Neue Spalten entstanden, im nächsten Jahr waren es mehrere Felsfenster, und 1964 trat eine 80 m hohe Felsstufe aus dem Eise heraus. Der linke moränenfreie Gletscherteil endet seither auf ihr, hoch über dem Sandersee. Die Möll entströmte 1966 dem Gletscher in einem Einschnitt der Stufe, wo das Eis 20 m steil abfällt und sich daher ein 10 m hohes, sehr schönes Gletschertor bilden konnte. 1967 hatte sich die Austrittsstelle an die Grenze von moränenfreiem und -bedecktem Eis verlagert (Abb. 2, 4).

In diesem Jahre war der moränenfreie Teil des Gletschers um 500 m kürzer als der nun auch stark zerfallende moränenbedeckte rechte Teil, der noch immer etwa 30 m über den Sandersee aufragt. Derzeit sinkt der linke Gletscherteil bereits unter die Höhe der Felsstufe ab, und es scheint, daß sich gletscheraufwärts eine weite Mulde noch eiserfüllt erstreckt. Der Sandersee liegt 300 m lang zwischen Felsstufe, moränenbedecktem



Abb. 1. Der Pasterzengletscher vom Elisabethfelsen aus gesehen 1953. Die Gletscherzunge bedeckt noch vollständig das Gebiet des heutigen Sandersees und reicht bis an den Elisabethfelsen und den Beginn der Möllschlucht heran. Photo H. Paschinger.



Abb. 2. Der Pasterzengletscher vom Elisabethfelsen aus gesehen 1967. Der moränenfreie Teil der Zunge ist weit zurückgewichen und endet auf der in den letzten Jahren ausgeaperten 80 m hohen Felsrippe; der moränenbedeckte Teil des Gletschers (links im Bilde) reicht noch bis an den Fuß des Elisabethfelsens. In der Mitte der große Sandersee von rund 300 m Durchmesser.

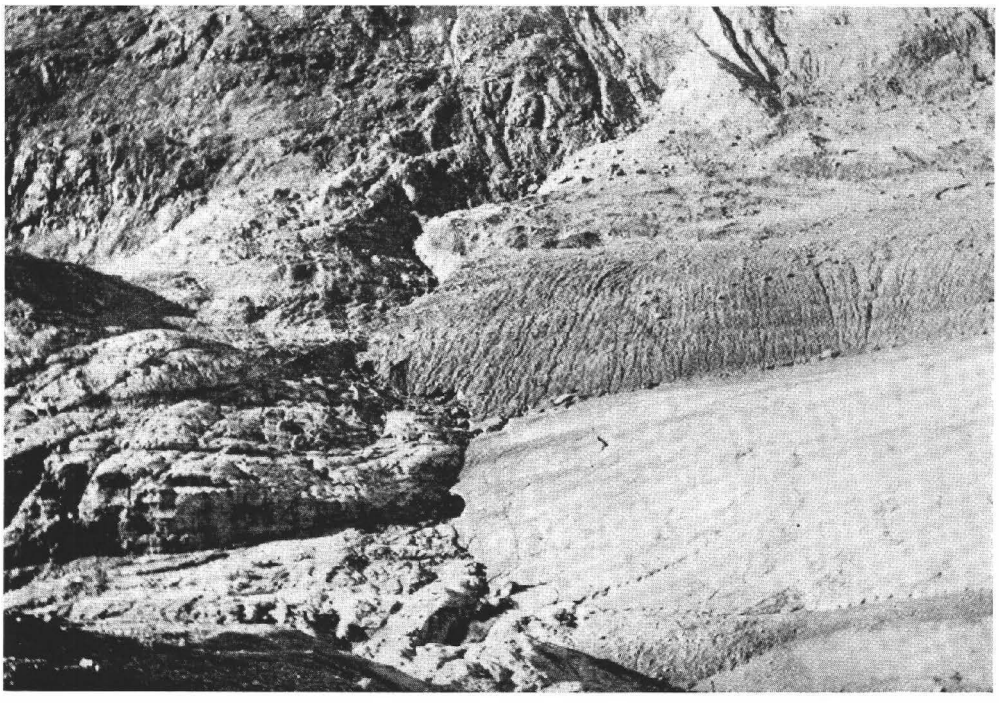


Abb. 3. Der Pasterzengletscher i. J. 1956 von der Franz-Josefs-Höhe aus. Links im Bilde der Elisabethfelsen, an dessen Fuß der Gletscher heranreicht.

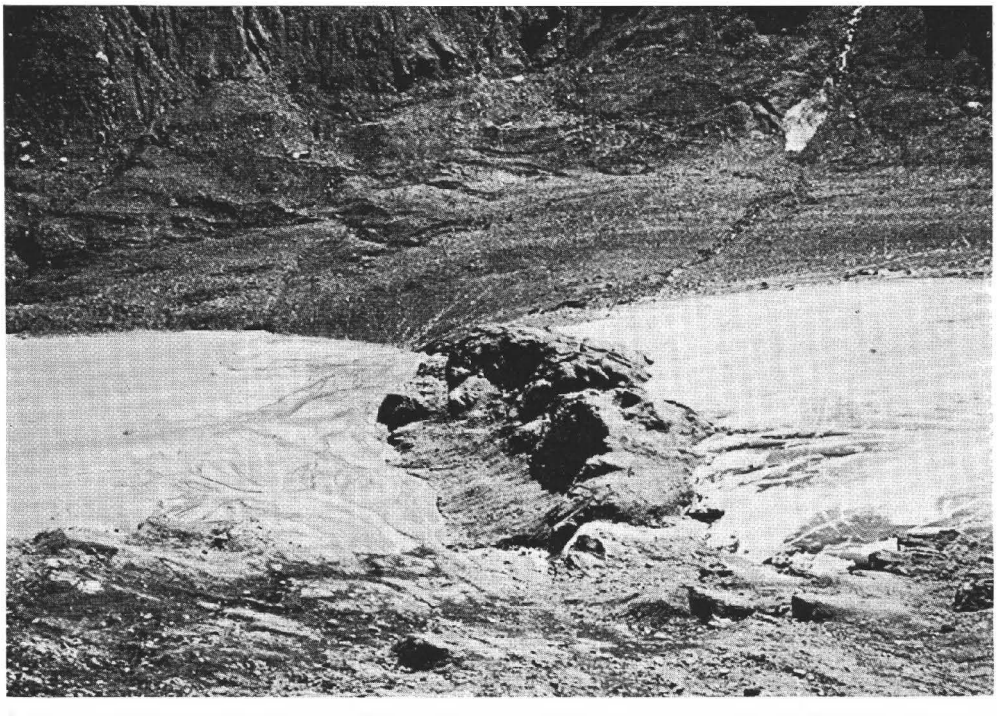


Abb. 4. Der Pasterzengletscher i. J. 1968 von der Franz-Josefs-Höhe aus. Links im Bild der Sandersee, rechts das Ende des moränenfreien Teiles bereits unter die Felsrippe absinkend. Hinter dem Sandersee reicht der nun in situ zerfallende moränenbedeckte Teil noch weit vor.

Gletscherende und linkem Talhang. Über dem heutigen See ist seit 1924 die 140 m mächtige Gletscherzunge vollkommen abgeschmolzen. Gletscheraufwärts nimmt der Abschmelzbetrag selbstverständlich ab, aber er beträgt auch unter der Franz-Josefs-Höhe und unter der Hofmannshütte 70–100 m, so daß der schon abgekämpfte Bergsteiger bei der Rückkehr zu den Hütten 1/4 Stunde länger ansteigen muß als 1924.

Die Länge des gesamten Gletschers von der Hohen Riffel nach der geschwungenen Mittellinie des Gletschers gemessen beträgt nach der AV-Karte 1924, 9,6 km, nach der von 1964 9,2 km. Aus dem gletscherfrei gewordenen Vorfeld berechnet sich ein Mittel von 390 m. Der größte Rückgang liegt im moränenfreien Zungenbereich zwischen der 1924 in der Möllschlucht liegenden Zungenspitze und dem heutigen Gletscherende auf der Felsstufe mit 900 m, während der moränenbedeckte Teil nur etwa 300 m zurückwich.

Das Rückschmelzen der Gletscherstirne, seit 1878 beobachtet, weist im Laufe der Jahre mannigfache positive und negative Schwankungen auf. V. PASCHINGER hat sie für die Zeit von 1883 bis 1944 untersucht, in Tabellen zusammengestellt und diskutiert (1948, S. 76ff.). Zwischen den einzelnen Maxima des Rückschmelzens, bzw. des Vorrückens, fand er eine Periode von 16,5 Jahren (1948, S. 89).

In dieser Darstellung soll versucht werden, für die letzten 40 Jahre das Verhalten des Gletscherendes aus dem Mittel aller Markennachmessungen des Vorfeldes zu entnehmen. Mit großer Genauigkeit läßt sich dies nicht durchführen. Denn infolge des starken Rückganges mußten in den letzten Jahrzehnten immer wieder neue Marken angelegt werden. Die neu angelegten entsprechen je nach örtlichen Gegebenheiten nicht immer der alten Meßrichtung. Die jährlichen Mittel der Werte aller Stirnmarken dürften jedoch Ungenauigkeiten weitgehend überbrücken.

Es ergibt sich ein geringes Rückschmelzen von 1920 bis 1925, ein stärkeres um 1930, wieder ein geringeres von 1932 bis 1936; 1934/35 rückte der Gletscher um 3,2 m vor. Mit 1936 begann ein fast ununterbrochener Anstieg des Rückgangswertes, der 1945 bis 1952 Maxima von 6 m über dem Gesamtmittel erbrachte. 1950/51 schmolz der Gletscher um 17,1 m zurück. Ab nun werden die Rückgänge geringer, aber sie bleiben über 8 m und erreichen in einzelnen Jahren 15 m. Ein starker Rückgang des Rückschmelzens erfolgte um 1956, dann wieder 1965/66, als der Gletscher um 0,6 m vorrückte. Im ganzen war aber das fünfjährig übergreifende Mittel seit 1942 andauernd über dem Gesamtmittel von 8 m gelegen.

Somit ergab sich eine typische Zweiteilung im betrachteten Zeitraum: Durchschnittlich geringes Abschmelzen mit zwei Höhepunkten vor 1940, durchschnittlich starkes Abschmelzen mit mehreren Höhepunkten nach 1940. Perioden lassen sich nicht ausscheiden; zwischen den beiden Gipfeln größten Rückschmelzens vor und nach 1940 liegen 22 Jahre.

Aus den Werten des jährlichen Rückganges der 4–5 Marken an der Gletscherstirne der Pasterze wurden für die Zeit 1919 bis 1967 übergreifende fünfjährige Mittel gebildet. Diese Mittel wurden als positive, bzw. negative Abweichung vom Gesamtmittel (8,0 m) des Zeitraumes aufgetragen (Fig. 2).

Interesse gewinnt die Darstellung erst durch die Frage, inwieweit die meteorologischen Elemente mit den Rückzugsschwankungen in Beziehung stehen. Es bietet sich da insbesondere die von H. HOINKES konstruierte und diskutierte Darstellung mittlerer fünfjährig übergreifender Abweichung vom Mittel für Temperatur und Niederschlag im Sommer (VI–VIII) an Höhenstationen der Alpen an (1967, S. 11f.). Fig. 2 zeigt die fünfjährig übergreifenden Mittel des Zungenrückganges (ZR) feingezeichnet, gröber gezeichnet die Darstellung nach H. HOINKES für die Temperaturmittel (T). Es zeigt sich an der Pasterze ein außerordentlich inniger Zusammenhang zwischen den Mitteln des Rückschmelzens und den Mitteln der Temperatur. Auffallend ist das gleichzeitige Einsetzen von Temperaturrückgang und Verminderung des Rückschmelzens selbst in den Mitteln. Wie ein Vergleich mit der Darstellung von H. HOINKES zeigt, ergibt sich beim Vergleich mit fünfjährig übergreifenden Niederschlagsmitteln dieselbe Übereinstimmung, nur mit umgekehrten Vorzeichen.

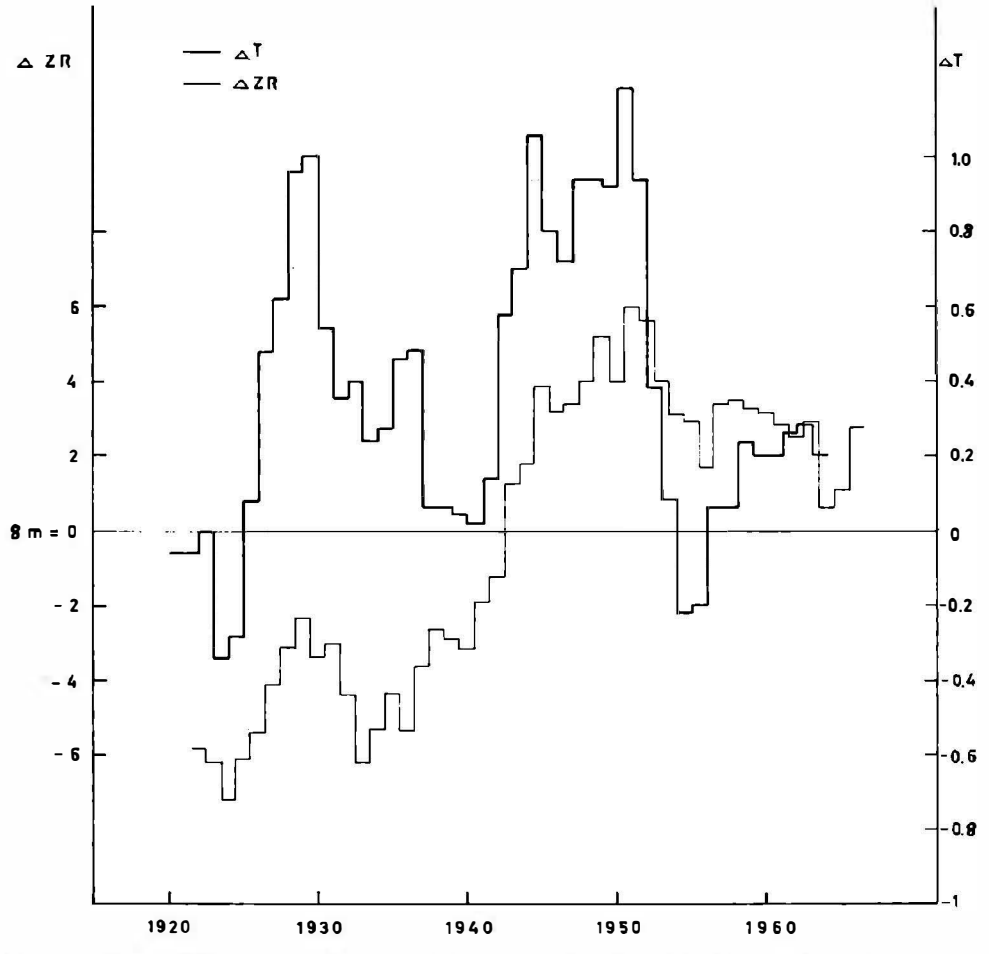



Fig. 2. Mittlere fünfjährig übergreifende Abweichung vom Mittel des Zungenrückganges 1919–1968 (ZR) der Pasterze. Zum Vergleich mittlere fünfjährig übergreifende Abweichung vom Mittel der Sommertemperatur (VI–VIII) (T) nach H. HOINKES 1966.

F. STEINHAUSER hat die Schwankungen der Sonnenscheindauer für die letzten Jahrzehnte in einer mit Diagrammen und Tabellen ausgestatteten Arbeit dargestellt. Die Schwankungen der Sonnenscheindauer stimmen, ermittelt aus Beobachtungen auf einigen Hochgipfeln der Alpen, im Verlauf des Jahres und des Sommers besonders gut mit den Schwankungen des Pasterzenrückganges überein (F. STEINHAUSER, 1957, S. 9, Abb. 2). Nicht vollkommen symmetrisch mit den Schwankungen des Zungenrückganges der Pasterze verläuft die Schwankung der Niederschlagsmengen für West-Kärnten, bzw. das inneralpine Salzachgebiet. Am ehesten ist noch die Schwankung der Niederschlagsmenge im Winter mit den Schwankungen des Zungenrückganges vergleichbar (F. STEINHAUSER, 1963, S. 26). Dem starken Rückschmelzen der Jahre um 1930 entspricht ein Rückgang der winterlichen Niederschlagsmenge bis auf 80%, dem geringen Zurückweichen der Mitte der 30er Jahre entspricht ein Anstieg der winterlichen Niederschlagsmenge auf 120%; der starke Rückgang des Zungenendes im Zeitraum 1940 bis 1955 läßt sich aber in der Darstellung der Niederschlagsmengenschwankung nicht finden. Um 1955, zur Zeit großen Zungenrückganges, zeigen die Niederschlagswerte sogar eine Zunahme auf 140–150%.

In nicht unbedeutendem Ausmaße wird das Rückschmelzen der Zungenfront durch die Formenwelt der Gletscherunterlage mitbestimmt, insbesondere durch das Einfallen der Hänge von Felsriegeln gletscheraufwärts, wodurch das Rückschmelzen unter sonst gleichen Verhältnissen verlangsamt wird, oder durch Talausfallen der Hänge der aus dem Gletscher ausschmelzenden Felsriegel, deren Eisüberzug plötzlich zusammenbricht und kurzfristig große Rückzugswerte ergibt.

Der mittlere Rückgang der Pasterzenzunge in den 40 Jahren 1924 bis 1964 betrug durchschnittlich 400 m (S. XXX), also jährlich durchschnittlich 10 m. Dies ist für die Länge des Gletschers ein geringer Betrag und mit dadurch zu erklären, daß das Eis durch drei Jahrzehnte am gletscherwärts geneigten Hang des Großen Elisabethfelsens einsank und in der tiefen Möllschlucht abschmolz, ferner auch der rechte moränenbeladene Gletscherteil den Abschmelzbetrag minderte. Auch in naher Zukunft wird bei Fortdauer des Rückganges die Längenänderung nicht bedeutend sein, da derzeit auch der moränenfreie Teil am gletscherwärts geneigten Hang des eben ausgeaperten Riegels allmählich abschmilzt.

## 2. Die Veränderung der Pasterzenfläche

Ebenso bedeutend wie das Rückschmelzen der Gletscherzunge ist der Flächenverlust. Da die Gletscherfläche im Laufe der Jahrzehnte nach verschiedenen Kartenunterlagen bestimmt wurde, ergeben sich kaum vergleichbare Werte. Einige Beispiele sollen angeführt werden.

K. SONKLAR erhält, aus Wiener Quadratfuß umgerechnet, auf der Karte 1:28 800, die im Pasterzenbereiche 1825 aufgenommen worden war (V. PASCHINGER, 1948, S. 103), eine Fläche von 27,25 km² (1866, S. 193). Die Gletschergröße war damals bedeutend, dennoch lag die Mündung des Pfandelschartenbaches vor dem Eise.

Der Höchststand des 19. Jahrhunderts wurde an der Pasterze im Jahre 1856 erreicht. Wenn man diesen Stand auf der Glocknerkarte 1964 des AV 1:25 000 nach den Ufermoränen und Abbildungen rekonstruiert, ergibt sich eine Gletscherfläche von 27,33 km². Wegen der völlig anderen Kartenunterlage ist dieser Wert mit dem von K. SONKLAR gewonnenen nur relativ vergleichbar. Sein Wert scheint zu groß, wenngleich auch um 1820 ein hoher Gletscherstand auftrat, der aber sicher kleiner war als 1856.

E. RICHTER erhielt für die Pasterze aus der 1871 aufgenommenen Originalkarte 1:25 000 der dritten Österreichischen Landesaufnahme den oft in der späteren Literatur zitierten Wert von 31,95 km² (1888, S. 236). Der Wert ist wesentlich größer als der für 1856 auf der AV-Karte erhaltene Höchststand. Dieser große Wert ist zum Teil durch die Ungenauigkeit des Aufnahmeblattes von 1871 zu erklären; auf dieser Karte ist zum Beispiel die gerade Entfernung Johannisberg-Gletscherende des Jahres 1856 um fast 400 m länger als auf der sicher genaueren AV-Karte 1964. Ferner hatte E. RICHTER auch steile, von Felsen durchbrochene Firnwände und andere Felswände in die Fläche einbezogen, die nach seiner Ansicht zur Ernährung des Gletschers beitrugen (1888, S. 7). Durch solche Einbeziehungen wird jede Vergleichsmöglichkeit mit Werten späterer Ausmessungen hintangehalten. Der Wert E. RICHTERS ist sicher viel zu groß.

Eine eigene Ausmessung der Pasterze auf der Originalkarte 1:25 000 ergab eine Fläche von 28,1 km², also noch immer mehr als der auf der Alpenvereinskarte rekonstruierte Höchststand 1856 mit 27,33 km² ergab.

Alle diese Werte sind demnach durchaus nicht miteinander vergleichbar. Der einzige mit heutigen Werten vergleichbare dürfte wohl der aus der Rekonstruktion des Gletscherstandes 1856 auf der AV-Karte erhaltene von 27,33 km² sein.

Nach der AV-Karte 1924 hatte der Gletscher eine Fläche von 22,64 km². V. PASCHINGER berechnete die wahre Oberfläche der Pasterze zu 24,5 km² (1929, S. 162). 1964 ergab sich die Kartenfläche zu 19,48 km².

So ergibt sich für den Flächenvergleich, bezogen auf die Alpenvereinskarte, folgende Tabelle:

| | Fläche (km²) | Abnahme (km²) | Abnahme (%) | jährl. Abnahme (%) | Abnahme 1856/1964 (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1856 | 27,33 | 4,69 | 17 | 0,25 | 29 |
| 1924 | 22,64 | 3,16 | 14 | 0,35 | |
| 1964 | 19,48 | | | | |

Der Wert stimmt für 1856 nicht mit dem überlieferten überein, weil der Höchststand auf die exakte Grundlage der AV-Karte bezogen wurde.

Der große Flächenverlust 1856/1924 wird vor allem durch den Verlust des Wasserfallkeeses, der des Zeitraumes 1924/1964 durch den Verlust des Hofmannskeeses bestimmt. Indem diese Gletscher sich vom Hauptgletscher lösten, wurden sie zu selbständigen Gebilden mit eigenem Nähr- und Zehrgebiet.

Hat schon die Pasterze seit dem Hochstand 1856 im Laufe eines Jahrhunderts mehr als 1/4 ihrer Fläche verloren, so weisen die benachbarten kleineren, seit Jahren durch eine Marke vermessenen Gletscher noch viel stärkere Flächenverluste auf:

| | Fläche (km²) | | | Veränderung (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1856 | 1924 | 1964 | 1856/1924 | 1924/1964 | 1856/1964 |
| Wasserfallkees | 2,78 | 2,44 | 1,88 | 12 | 23 | 32 |
| Freiwandkees | 0,88 | 0,56 | 0,31 | 36 | 44 | 65 |
| südliche Pfandelschartenkees | 1,23 | 0,94 | 0,53 | 23 | 43 | 57 |

Gegenüber dem Flächenverlust dieser kleinen Gletscher, der durch weitgehendes Einschrumpfen der Nährgebiete erfolgte, ist der Flächenverlust der Pasterze nicht sehr bedeutend. E. RICHTER hat schon bemerkt (1888, S. 240f.), daß die Längen- und Flächenänderungen der Pasterze im Vergleich mit anderen Gletschern gering sind. Der Hauptanteil der Veränderungen fällt bei der Pasterze auf den Massenverlust.

## 3. Die Veränderungen in Höhenlage und Bewegung der Pasterzenoberfläche

Die Pasterze ist einer der ganz wenigen Gletscher der Ostalpen, deren Oberflächenschwankungen und Oberflächengeschwindigkeit in zahlreichen, durch kleine Steinplatten gekennzeichneten Punkten im Bereiche von Steinlinien seit langer Zeit jährlich festgestellt wurden. Ähnliche Vermessungen werden nur noch am Hintereisferner und am Großen Elendkees durchgeführt.

Bereits FR. SEELAND und H. ANGERER maßen in einer Linie zwischen Hofmannshütte und einem Fixpunkt am gegenüberliegenden Gletscherufer die Geschwindigkeit mit einfachen Verfahren. V. PASCHINGER begann 1927 die tachymetrische Aufnahme der Seelandlinie (1300 m lang), 1935 die der Burgstall-Linie (1000 m lang) und 1936 die der Sattellinie (620 m lang). Letztere wurde 1963 wegen des Rückschmelzens des Gletschers durch die etwa 100 m höher liegende V. PASCHINGER-Linie ersetzt. Die S. 201 genannten kurzen Linien konnten infolge ihrer Lage nicht jährlich beobachtet werden und werden hier nicht in Betracht gezogen (Fig. 1).

In den folgenden Darlegungen wird das Wort „Einsinken" der Gletscheroberfläche für die Erscheinung verwendet, daß mehr von der Gletscheroberfläche abschmilzt, als durch Nachschub ersetzt werden kann. Die Gletscheroberfläche erlebt eine „Hebung", wenn der Nachschub größer ist als die abgeschmolzene Eismasse.

Die oberste, große Steinlinie ist die Burgstall-Linie in heute etwa 2400 m Höhe, in deren Bereich bereits die Brüder SCHLAGINTWEIT 1848 die Geschwindigkeit gemessen hatten. In ihr äußern sich rasch und sicher alle das Nährgebiet betreffenden Schwankungen der meteorologischen Elemente. In ihrem Bereiche zieht der Gletscher gleichmäßig und wohl in großer Mächtigkeit zwischen den steil abfallenden Felsen des Mitt-

leren und Kleinen Burgstall hindurch, fast ohne Obermoräne und unter reichlicher Bildung von Längsspalten. Die vertikale wie auch horizontale Bewegung ihrer 9 Steine läßt manche Voraussage für die tiefer liegenden Teile des Gletschers machen. Ein Nachteil der Linie ist, daß sie in schneereichen Sommern gelegentlich tief verschneit ist, so daß die vertikale Bewegung der Gletscheroberfläche, also das Einsinken oder die Hebung, sich nur ungenau, die horizontale Bewegung wegen der Unmöglichkeit, die Steine des Vorjahres wieder zu finden, nicht oder erst in den folgenden Jahren zum Teil bestimmen lassen. Gewöhnlich sind bis dahin einige Steine verloren. Bedeutende Schneebedeckung der Linie gab es in den Jahren 1937, 1939, 1940, 1965 und 1966. Daher kann die Bildung von übergreifend fünfjährigen Mitteln der Bewegung erst mit 1940 begonnen werden.

Von 1936 bis 1946 betrug das jährliche Einsinken der Gletscheroberfläche in dieser Linie 1–2 m, 1939 ergab sich ein Anstieg von 1 m. Seit 1947 wurden mit 2–3 m hohe negative

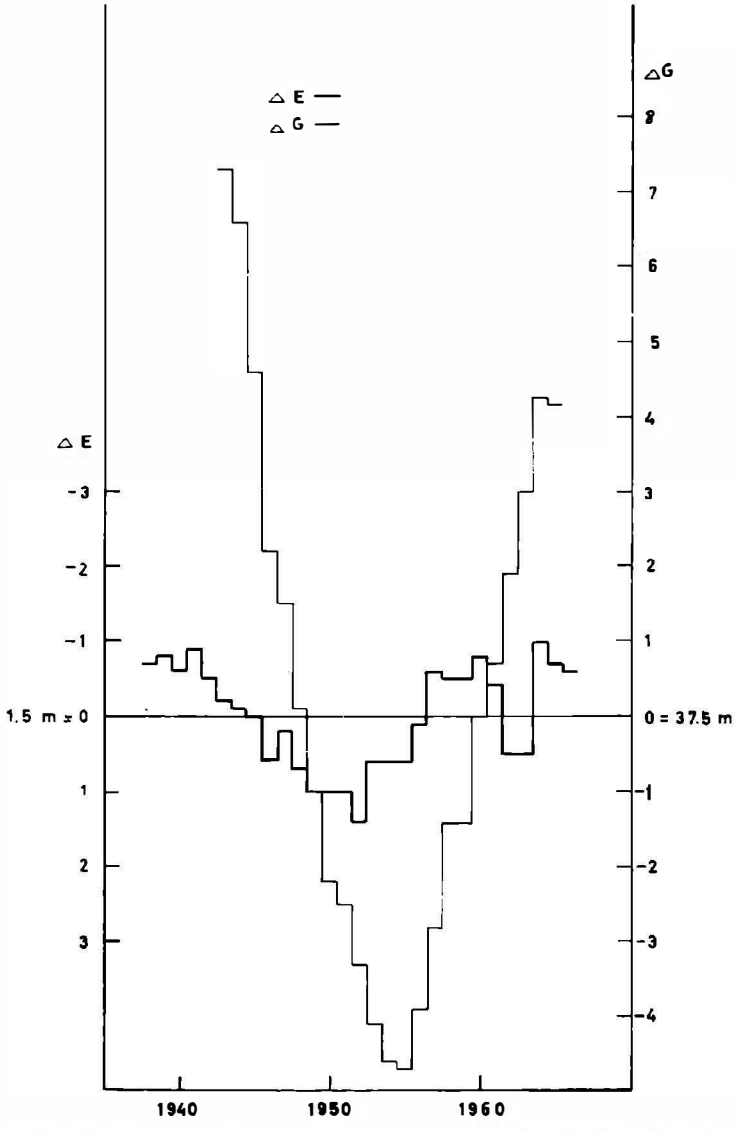



Fig. 3. Mittlere fünfjährig übergreifende Abweichung vom Mittel 1938–1968 für Einsinken (E) und Geschwindigkeit (G) für die Burgstall-Linie.

Werte erzielt, die erst in den mittleren fünfziger Jahren wieder geringer wurden. 1959 und 1960 wurde eine Erhebung der Linie von 0,3 bzw. 0,6 m festgestellt, das Einsinken war danach relativ gering und 1966 stellte sich eine bedeutende Erhebung von 4,9 m ein, die im folgenden Jahr aber wieder einem Einsinken von 2,6 m wich. So schwankten die Werte in den drei Jahrzehnten seit der Anlage der Linie sehr beträchtlich.

Die übergreifend fünfjährigen Mittel des Einsinkens[1] ergeben ein anschauliches Bild (Fig. 3). Das Einsinken bleibt zunächst einige Jahre unter dem Mittel von 1,5 m, quert die Null-Linie, erreicht 1952 mit 1,4 m ein Maximum und zeigt um 1958 negative Abweichungen vom Mittel, 1962 und 1963 aber wieder positive Werte. Dabei weist der ansteigende Ast der Kurve mannigfache Schwankungen auf, während nach Erreichen des Höhepunktes ein rascher Abfall zu wieder größeren Werten des Einsinkens auftritt.

Die Bewegung der Oberfläche ergab für 1935/36 ein Mittel aus 9 Steinen von 40,6 m. In den folgenden Jahren war die Linie häufig schneebedeckt. 1937/38 konnten aus 7 Steinen 40,4 m errechnet werden. Maxima der Bewegung wurden 1941/42 (48,4 m) und 1942/43 (48,0 m) erreicht. Es folgte ein Rückgang der Werte unter mannigfachen Schwankungen, ein Minimum der Geschwindigkeit wurde 1954/55 mit 30,7 m erreicht. Seither nimmt die Geschwindigkeit wieder zu und geht derzeit über 40 m pro Jahr hinaus.

Da sich fünfjährig übergreifende Mittel wegen der Messungsausfälle der späten 30er Jahre erst seit 1940 bilden lassen, zeigt sich in Abb. 3 hinsichtlich der Bewegung nur ein rascher Abfall bis zum Tiefpunkt 1955 und ein bedeutender Anstieg. In den Mitteln glätten sich alle Schwankungen zu einer symmetrischen Kurve. Das Gesamtmittel aller Jahre von 37,5 m = 0 wird 1943 um 7,3 m übertroffen, 1948 wird die Null-Linie gequert und 1955 mit − 4,7 der Wert geringster Bewegung erreicht. Dann steigt die Oberflächengeschwindigkeit wieder auf 4 m über das Mittel an. Einsinken und Geschwindigkeit gehen mit verkehrten Vorzeichen fast parallel. Der größte Wert des Einsinkens geht dem geringsten Wert der Bewegung um 3 Jahre voraus.

Auch die heute in etwa 2300 m Höhe liegende Seelandlinie wurde schon 1848 durch die Brüder SCHLAGINTWEIT mittels einer Blockreihe hinsichtlich der Geschwindigkeit vermessen. Die Maximalgeschwindigkeit war mit 90 m etwa dreimal so groß wie die heutige. In dieser Linie ist das rasche Strömen durch die Enge zwischen den beiden Burgställen bereits abgeflaut. Es kommen mannigfache Störungen zur Geltung, insbesondere die Tatsache, daß von links kein Zufluß den Gletscher erreicht, rechts aber aus den Glocknerkaren bedeutende Eismassen zuströmen. Ferner ist das Eis des rechten Gletscherteiles stark von Schutt durchsetzt, auf ein Drittel ihrer Länge läuft die Linie auf Oberflächenmoräne. Der Gletscher breitet sich aus, Längsspalten reißen auf.

Das Einsinken beträgt um 1930 im allgemeinen zwischen 1 und 2 m, später häufig über 3 m. 1953/54 wurden 5,4 m, 1960/61 4,9 m erreicht. Anstiege der Gletscheroberfläche gab es im betrachtenden Zeitraum seit 1928 nur 1958/59 mit 1,6 m, 1965/66 mit 3,9 m und 1966/67 mit 1,2 m. Zahlreiche Schwankungen, einen starken Wechsel von Zu- und Abnahme der Bewegung weist die Oberflächengeschwindigkeit auf. Zwischen den Werten von 34,6 (1928/29), 34,8 m (1942/43) und 14,2 m (1956/57) liegen die Werte in einem dauernden Auf und Ab.

Auch der Verlauf der fünfjährig übergreifenden Mittel, vor allem bezüglich des Einsinkens, ist sehr unregelmäßig (Fig. 4). Die Schwankungen um das Mittel des Einsinkens von 2,0 m sind nicht sehr bedeutend. Dabei fällt das relativ ausgeprägte parallele Verhalten zu den Werten der Burgstall-Linie auf, besonders die Zunahme der Werte um das Jahr 1960. Hinsichtlich der Bewegung fällt eine starke Zunahme zwischen 1940 und 1950 auf. Während der Beginn des Bewegungsrückganges in der Burgstall-Linie sicher in das Jahr 1943 fällt, so in der Seelandlinie in das Jahr 1945. Der geringste Bewegungswert zeigt sich in letzterer Linie 13 Jahre später (1958). Die Variationsbreite des Einsinkens ist in beiden Linien ziemlich gleich groß, die der Bewegung in der Seelandlinie sehr viel größer: Mittlerer Wert 22,1 m, Schwankung + 9,5 m und − 6,4.

[1] Im folgenden beziehen sich bei der Darstellung übergreifend fünfjähriger Mittel die Jahresangaben auf das mittlere Jahr des Jahrfünfts.

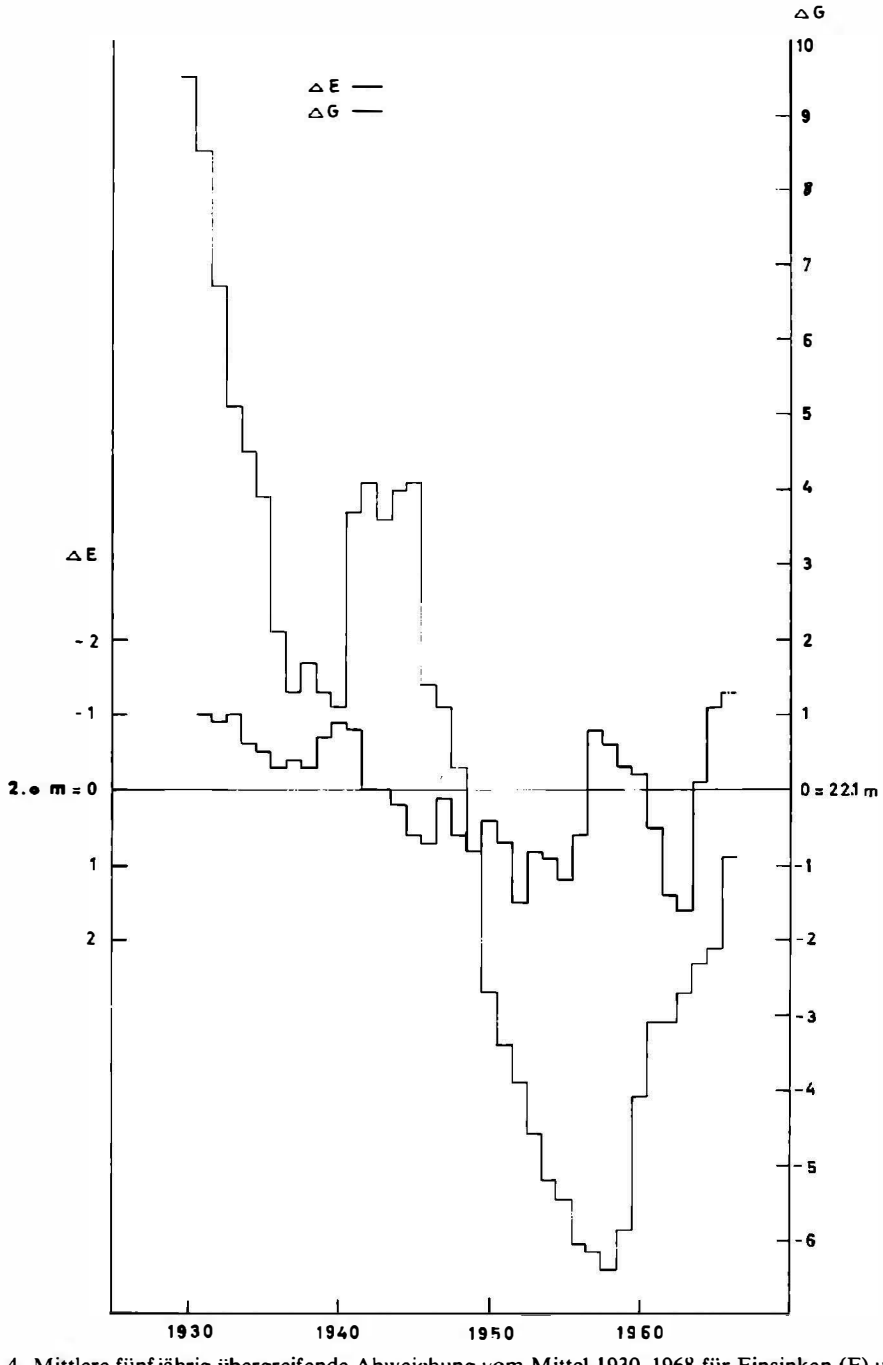



Fig. 4. Mittlere fünfjährig übergreifende Abweichung vom Mittel 1930–1968 für Einsinken (E) und Geschwindigkeit (G) für die Seelandlinie.

Bemerkenswert ist, daß der Geschwindigkeitsanstieg der 40er Jahre nicht mit einer Minderung, sondern mit einer Vermehrung des Einsinkens parallel lief. Hingegen verband sich in den späten 50er Jahren eine Verminderung des Einsinkens mit einer Bewegungszunahme.

Die Sattel-Linie querte die Gletscherzunge etwa 300 m vom Ende entfernt in rund 2100 m Höhe. Infolge ihrer tiefen Lage zeigte das Einsinken der Linie oft hohe Werte,

insbesondere in ihrem linken moränenfreien Teil, über den der moränenbedeckte Teil immer mehr herauswuchs. In den ersten Jahren nach ihrer Anlage 1936 betrug das Einsinken mit einigen Ausnahmen 1–3 m. Ab 1947 aber erhöhten sich die Werte auf maximal 8,4 m (1964/65). Eine Erhöhung der Linie gab es überhaupt nur im Jahre 1965/66 im Ausmaß von 2,5 m, die in diesem Jahre das ganze Zehrgebiet erfaßt hatte. Die einzelnen hohen Werte des Einsinkens fallen zumeist mit hohen Werten des Zungenrückganges zusammen.

Die Jahresbewegung betrug in den ersten beiden Jahren nach der Einrichtung der Linie noch 20,5 m im Mittel, wobei sich schon die viel kräftigere Bewegung der linken moränenfreien Seite zeigte. Mit mannigfachen Schwankungen nahm die Geschwindigkeit in der Linie in den folgenden Jahren bis zu einem Minimum von 6,6 m im Mittel (1960/61) ab. Die Gletscherzunge war damals nur mehr etwa 20 m mächtig und schmolz in den nächsten Jahren wie erwähnt bis auf den moränenbedeckten Teil völlig ab. Daher wurde als Ersatz 1963 in etwa 100 m höherer Lage die V. Paschinger-Linie angelegt. Ihre Werte sind mit geringer Korrektur mit denen der Seelandlinie vergleichbar. Dies gilt besonders von den fünfjährig übergreifenden Mitteln (Fig. 5).

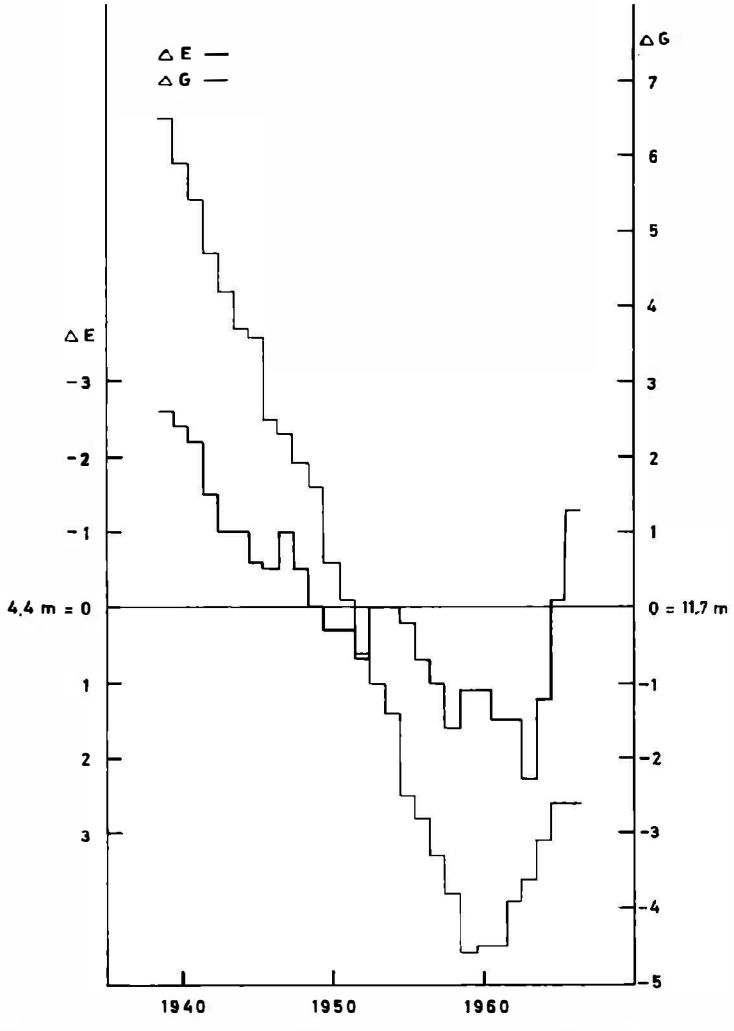



Fig. 5. Mittlere fünfjährig übergreifende Abweichung vom Mittel 1939–1968 für Einsinken (E) und Geschwindigkeit (G) für die Sattel-, bzw. V. Paschinger-Linie.

In den Mitteln zeigt das Einsinken von Beginn der Vermessung an steigende Werte. Bis 1949 lagen die Werte noch unter dem Nullwert von 4,4 m. Im weiteren gingen sie beträchtlich darüber hinaus und erreichten den Höhepunkt mit 6,7 m im Jahre 1963. Das im weiteren etwas geringere Einsinken ist zum Teil durch die Verlegung der Linie bedingt, zeigt sich aber auch in den beiden anderen Steinlinien.

Das fünfjährig übergreifende Mittel der Bewegung nimmt vom ersten Beobachtungsjahr an gleichmäßig bis 1959 ab. Dann ist ein, wenn auch geringes, Wiederansteigen zu beobachten. Die Schwankungsbreite ist sehr bedeutend ( + 6,5 m bis − 4,6 m, bezogen auf das Mittel von 11,7 m). Dieses Wiederansteigen der Bewegung ist in allen drei Diagrammen zu bemerken.

Zusammenfassend läßt sich im Vergleich der Ergebnisse für die drei Linien folgendes sagen:

1. Ein im fünfjährigen Durchschnitt maximales Einsinken ergibt sich in allen Linien 1946, 1952, 1963. Ebenso fand 1965/66 in allen drei Linien gleichzeitig die Hebung der Eisoberfläche statt.

2. Das Minimum der Bewegung liegt in den drei Linien verschieden: In der Burgstall-Linie 1955, in der Seelandlinie 1958, in der Sattellinie 1959/1961). Es wanderte im Laufe von 5 Jahren etwa 4 km talab.

3. Die Variationsbreite des Einsinkens nimmt nach abwärts zu.

4. Die Variationsbreite der Bewegung ist in den drei Linien ziemlich gleich groß, sie beträgt 10–11 m, bezogen auf das fünfjährig übergreifende Mittel.

5. Zwischen den Größen des Einsinkens und denen der Bewegung besteht im Gesamtverlauf ein gewisser Zusammenhang, nicht aber in einzelnen Jahren und den Einzelerscheinungen.

6. Selbst die durch die Seelandlinie dargestellten etwa 40 Jahre ergeben noch keine vollständige Schwankung. Das Diagramm zeigt, wie die kürzeren Zeiträume der beiden anderen Diagramme, vor allem einen absteigenden Ast. Der Zeitraum von einem Maximum zu einem Minimum der Bewegung umfaßt etwa 34 Jahre.

7. Seit dem Jahre 1936 erstreckt sich das Einsinken fast immer auf alle drei Querprofile. In vier Jahrzehnten zeigte sich ein Anstieg in der Burgstall-Linie zweimal, in der Seelandlinie dreimal, in der Sattel- bzw. V. Paschinger-Linie einmal. Hebungstendenzen laufen sich gletscherabwärts sehr bald tot, eine Hebungswelle erreicht bestenfalls von der Burgstall-Linie an in zwei Jahren das Gletscherende.

Ein Vergleich des Einsinkens und der Bewegung der Pasterze mit dem von H. HOINKES (1967) gezeichneten Diagramm der mittleren fünfjährigen Abweichung vom Mittel 1851 bis 1950 für Temperatur und Niederschlagsmenge an Höhenstationen der Alpen ergibt folgendes: Die Abnahme der Niederschläge nach diesen Diagrammen bis 1950 prägt sich in der Burgstall- und der Seelandlinie in der Zunahme des Abschmelzwertes der Gletscheroberfläche aus. Ebenso kommt die erhöhte Niederschlagsmenge zwischen 1953 und 1960 in einem Rückgang des Abschmelzens zum Ausdruck, das im Durchschnitt aber erst um 1955 beginnt.

Ähnliche Ergebnisse zeigt auch ein Vergleich der Diagramme mit den Niederschlagskurven F. STEINHAUSERS (1963), insbesondere der Darstellung für den Herbst und Winter (S. 24, 26), mit den Abschmelzverhältnissen der Pasterze. Auch in diesen Vergleichen zeigt sich eine Verschiebung der Zunahme des Abschmelzens um einige Jahre.

Ein Vergleich mit dem Gang der Sonnenscheindauer nach F. STEINHAUSER (1957) zeigt in fünfjährig übergreifenden Mitteln für den Sonnblick eine Verminderung der Sonnenscheindauer zwischen 1936 und 1943 mit geringsten Werten um 1938. Es folgt ein lang andauerndes Maximum von etwa 1943 bis 1953 mit folgender Verminderung. Diese Schwankungen der Sonnenscheindauer stimmen sehr genau mit den Schwankungen des Einsinkens und der Bewegung nach unseren Diagrammen für die einzelnen Steinlinien überein. Insbesondere deutlich und maßgebend ist die Schwankung der Sonnenscheindauer im Frühjahr und Sommer.

Auffallend ist, daß sich die Schwankungen des Niederschlags mit Maximum bzw. Minimum im Herbst und Winter und die Schwankungen der Sonnenscheindauer mit

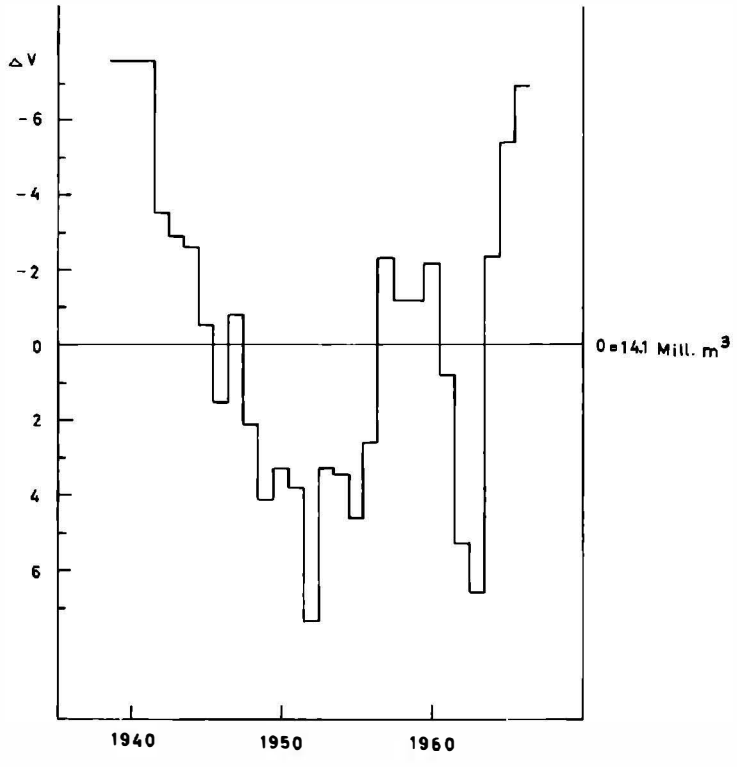



Fig. 6. Mittlere fünfjährig übergreifende Abweichung vom Mittel 1936–1968 für den Massenverlust des Zehrgebietes der Pasterze.

Maximum bzw. Minimum im Frühjahr und Sommer zu ergänzen scheinen und sich im Verlauf der Schwankungen des Einsinkens und der Bewegung an der Pasterze äußern.

## 4. Die Ergebnisse des Firnprofils

Seit dem Jahre 1948 wird nach Möglichkeit alljährlich die Höhenlage der Firnoberfläche in einem rund 1,5 km langen Profil eingemessen, das seinen Ausgangspunkt beim Steinmann in 3032 m auf dem breiten Schuttrücken ober der Oberwalderhütte hat. Es erstreckt sich von diesem Punkt nach Westen. Da Johannisberg und Eiskögele als Visierpunkte dienen, ist bei Nebellage eine Messung nicht möglich. Sie unterblieb daher bis heute fünfmal.

Die Nachmessung ergab von 1949 bis 1951 im Mittel aller Punkte ein mäßiges Einsinken der Firnoberfläche, von 1952 bis 1957 ein leichtes Ansteigen, von 1958 bis 1964 zumeist Einsinken. 1964 bis 1966 ergab sich eine exzessive Erhebung von 10,2 m, 1966/67 ein ebenso bedeutendes Einsinken von 6,8 m.

Der Firnschwund bis 1951 prägt sich im Einsinken der Gletscheroberfläche und der Bewegungsverminderung sehr gut aus. Dic Erscheinungen verschieben sich, wie die Abb. 3–5 zeigen, im Laufe einiger Jahre von der Burgstall-Linie zur Sattellinie. Allerdings lassen sich die Beziehungen nicht von Jahr zu Jahr, sondern nur in fünfjährig übergreifenden Mittel verfolgen.

Zwischen 1948 und 1964 betrug das Einsinken bzw. Anschwellen im Jahr nur rund 1–2 m. Zusammengefaßt stand in diesen Jahren einem Gewinn von 4,6 m ein Verlust von 9,6 m gegenüber. Der Umschwung setzte wie erwähnt 1964 ein. Trotzdem stehen für die Zeit von 1949/1968 einem Gewinn von 14,8 m Verluste von 21,6 m gegenüber.

Selbstverständlich sind die so gewonnenen Werte zur Aufstellung einer Bilanzrechnung nicht geeignet. Sie können nur die Tendenz der Firnoberfläche im Bereich der Linie angeben. Jedenfalls zeigt sich im Verlauf der vergangenen 20 Jahre ein mannigfaches Auf und Ab der Firnoberfläche, im gesamten Ergebnis aber doch nur eine geringfügige Änderung der Höhenlage, die kaum den großen Verlust im Zehrgebiet rechtfertigt. Wenn man die beiden AV-Karten der Pasterze 1924 und 1964 vergleicht, zeigt sich ebenfalls neben den gewaltigen Verlusten des Zehrgebietes im Nährgebiet kaum eine Änderung der Oberfläche. Die entsprechenden Höhenlinien der Karten verlaufen großteils gleich, ja an einzelnen Stellen zeigen sie seit 1924 sogar eine Aufhöhung des Firns.

## 5. Der Eisverlust der Pasterze

Neben dem Rückgang des Zungenendes, dem Einsinken und der Bewegung interessiert die Allgemeinheit, aber auch den Hydrologen und Glaziologen, der Eisverlust der Gletscher. Er läßt sich aus dem Vergleich zweier genauer Karten, als welche die beiden AV-Karten 1924 und 1964 wohl bezeichnet werden können, oder für kürzere Zeiträume aus dem Mittel des Einsinkens des Zehrgebietes von Jahr zu Jahr, feststellen, wobei die Veränderungen im Nährgebiet unberücksichtigt bleiben, nach obiger Darstellung aber auch sehr gering sind. Im Nährgebiet müssen Methoden angewendet werden, über deren Ergebnisse in diesem Band H. TOLLNER berichtet.

Den Massenverlust des gesamten Gletschers von 1856 bis 1924 hat bereits V. PASCHINGER (1948, S. 115) zu 808 Millionen m³ bestimmt. Die Berechnung wurde auf Grund der Eintragung der Ufermoräne von 1856 auf die AV-Karte 1924 durchgeführt. Der mittlere Jahresverlust stellt sich danach auf fast 12 Millionen m³.

Von 1924 bis 1964 ergab sich nach den beiden AV-Karten ein Eisverlust von 490 Millionen m³, der fast nur das Zehrgebiet betrifft. Wie erwähnt, sind die Veränderungen im Nährgebiet, soweit sie die beiden Karten zeigen, sehr gering. Allerdings macht die Auswertung der Meßbilder im Nährgebiet gewisse Schwierigkeiten. Nach der obengenannten Zahl ergibt sich ein jährlicher Eisverlust von ebenfalls 12 Millionen m³ im Mittel, der einem jährlichen mittleren Einsinken des Gletschers von 60 cm entspricht. Zum ganz gleichen Ergebnis (61 cm) kommt R. FINSTERWALDER für die Zeit 1920/1950 auf Grund einer Reihe anderer Ostalpengletscher (1953, S. 215).

Eine Bestimmung des jährlichen Massenverlustes im Zehrgebiet wurde an der Pasterze erst durch die Anlage der drei Steinlinien möglich. Das Mittel ihres Einsinkens läßt für das Zehrgebiet bis etwa 2600 m Höhe (es sind 6 km²) ein Maß des Verlustes ermitteln. So liegen seit 1936/37 entsprechende Werte vor. Abgesehen vom Jahre 1965/66 weisen alle Jahre ein Einsinken und damit einen mehr oder weniger großen Massenverlust auf. Die fünfjährig übergreifenden Mittel ergeben eine starke Zunahme der Eisverluste von 1939/1941 an mit geringen Rückschlägen bis 1953. Mit diesem Jahr beginnen, wie auch hinsichtlich des Einsinkens jeder der Steinlinien, 8–10 Jahre geringer Verluste, um 1963 wieder ein hohes Ausmaß zu erreichen. Damit wird das Abschmelzen aber wesentlich geringer, während zugleich die Bewegungsgeschwindigkeit in allen Linien zunimmt.

Für die Zeit 1946 bis 1968 ergibt sich aus den Querprofilen für das Zehrgebiet bis 2600 m ein Massenverlust von rund 410 Millionen m³, das sind pro Jahr fast 13 Millionen m³ Eis. Die Zahl steht in guter Übereinstimmung mit der oben auf den AV-Karten erhaltenen Größe.

## 6. Zusammenfassung

Die Veränderungen an der Pasterze konnten im besprochenen Zeitraum durch den Ausbau der Beobachtungsmöglichkeiten in zunehmendem Maße durch Nachmessungen erfaßt werden; sie waren sehr bedeutend.

Recht wesentlich war der Längenverlust, besonders an der orographisch linken moränenfreien Seite. Zwei Zeiträume sehr starken Rückschmelzens um 1930 und 1950

heben sich aus den Zeiträumen geringeren Rückschmelzens nach 1920, um 1940 und um 1955 hervor. Dabei ist eine sehr bedeutende Parallele mit den Schwankungen der Lufttemperatur für Bergstationen bei Anwendung fünfjährig übergreifender Mittel zu ersehen. Eine strenge Periodizität läßt sich kaum ableiten. Das stärkere Rückschmelzen des moränenfreien Gletscherteiles gegenüber dem moränenbedeckten kam erst in den beiden letzten Jahrzehnten zur Geltung. Die Firnnaht hat auf dieses ungleiche Zurückschmelzen des Gletscherendes keinen Einfluß; sie verläuft im Bereich des moränenfreien Gletscherteiles.

Die Veränderungen im Einsinken der Gletscheroberfläche und ihrer Bewegungsgeschwindigkeit konnten in größerem Umfange erst durch die Einrichtung von Steinlinien erhalten werden. Dabei ergab sich in den drei großen Querlinien, wie zu erwarten, ein gewisses Parallellaufen der Erscheinungen. Ein verstärktes Einsinken war kurz nach 1950 und nach 1960 zu beobachten. Um das Jahr 1960 selbst hingegegen ergab sich eine bedeutende Minderung, die nur in der damals schon fast abgeschmolzenen Sattellinie nicht hervortrat. Hinsichtlich der Bewegung ist das Bild in charakteristischer Weise ein wenig anders. Alle drei Steinlinien zeigen eine beträchtliche Abnahme der Geschwindigkeit, bis 1955 in der Burgstall-, bis 1958 in der Seeland- und bis 1960 in der Sattellinie. Seither nimmt die Geschwindigkeit in allen Linien wieder zu. Einsinken und Geschwindigkeitsabnahme, umgekehrt Hebung der Gletscheroberfläche und Geschwindigkeitszunahme, gehen aber nicht durchaus parallel. Während in der Burgstall-Linie das Minimum der Bewegung dem Maximum des Einsinkens nach 3 Jahren folgte, so in der Seelandlinie nach 6 Jahren, als das Einsinken bereits wieder geringer wurde.

In allen diesen Veränderungen spielte die den Gletscher in zwei Teilströme trennende Firnnaht keine Rolle. Die Gebiete größter Eisgeschwindigkeit und größten Eisschwundes liegen bald rechts, bald links der Naht. Es sind heute wohl alle Vorgänge zu langsam, als daß sich die Trennung in zwei Teilströme auswirken würde.

Die Höhenschwankungen des Firnprofils (die Bewegung wird nicht ermittelt) spiegeln sich in grober Verallgemeinerung im Verhalten der Steinlinien wieder. Allerdings prägen sich nur bedeutende Schwankungen des Firnprofils im Zehrgebiet aus. Die starke Firnanhäufung im Jahre 1964/1966 kommt sehr deutlich in einer Abnahme des Einsinkens, ja sogar in einem Ansteigen der Gletscheroberfläche und in einer weiteren Zunahme der Bewegungsgeschwindigkeit, zum Ausdruck. In den zwei Jahrzehnten der Beobachtung überwiegt im Firnprofil in der Summe der Werte recht bedeutend das Einsinken. Das Rückschmelzen des Gletscherendes wird durch die Schwankungen der Firnverhältnisse nur in extremen Fällen, wie 1964/1966, beeinflußt. Die fast völlige Unabhängigkeit des Rückschmelzens zeigt, daß der Gletscher für seine derzeitige Ernährung zu lang ist.

Wie seit Jahrzehnten in jedem Messungsbericht betont werden mußte, besteht bei den derzeitigen Ernährungsverhältnissen keine Aussicht auf ein Vorrücken des größten Ostalpengletschers. Große Zuwachswerte im Nährgebiet geben gewisse neue Impulse, aber sie erreichen nur in den wenigsten Fällen das Zungenende. Ein Anschwellen der Gletscheroberfläche durchläuft den Eiskörper in wenigen Jahren, verebbt häufig schon vor dem Gletscherende und wird von einem um so stärkeren Einsinken gefolgt.

So ist, wie viele große Gletscher, die Pasterze heute nur mehr ein schwaches, aber doch immer noch imposantes Abbild früherer Hochstände.

# Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessungen am Ödenwinkelkees

(westliche Glocknergruppe, Stubachtal, Hohe Tauern)

## in den Jahren 1962 bis 1968[1]

Von Heinz Slupetzky (Salzburg)

### Problemstellung

Das Ödenwinkelkees in der westlichen Glocknergruppe ist einem Gletschertyp zuzuordnen, der in den Ostalpen sehr selten vorkommt. Es ist ein Wandfußgletscher, der im steilen Firngebiet zu einem großen Teil von Lawinen ernährt wird und dessen Zunge schuttbedeckt ist. In extremer, typischer Form sind solche Gletscher im Himalaya als firnfeldlose Gletscher oder als Firnkesselgletscher zu finden. Es schien daher interessant und erfolgversprechend, am Ödenwinkelkees Geschwindigkeitsmessungen durchzuführen, um Ausmaß und Art seiner Bewegung zu erfassen. Das steile Nährgebiet ließ größere Geschwindigkeitsbeträge erwarten, der starke Rückgang und Zerfall der Zunge sprachen aber dagegen. 1962 wurde das Untere Profil, 1963 das Obere Profil und 1966 das Mittlere Profil angelegt. Über die Durchführung der Messungen und über die Ergebnisse von 1962 bis 1968 soll hier berichtet werden (vgl. H. SLUPETZKY, 1968).

### Lage und Beschreibung des Ödenwinkelkeeses

Das Ödenwinkelkees (Bild 2) liegt in der westlichen Glocknergruppe im obersten Stubachtal, an der Nordabdachung der Hohen Tauern direkt am Alpenhauptkamm[2]. Die flache, schuttbedeckte Zunge entspringt aus dem steilen Talschluß des „Ödenwinkel". Eine 600–800 m hohe Wandflucht überragt das Firngebiet, die Gipfel erreichen Höhen weit über 3000 m. Es sind dies (von E nach W) der Johannisberg (3463 m), das Eiskögele (3436 m) und der Hohe Kasten (3192 m). Der Gletscher wird hauptsächlich durch Lawinen ernährt, nur im orographisch rechten Teil seines Einzugsgebietes bieten zwei Stufenflächen (Durchgangskare) Möglichkeit zu ungestörter Firnansammlung (Bild 1). Im Grundriß zeigt der Gletscher daher auch eine Asymmetrie des Firngebietes (Abb. 1). Das Ödenwinkelkees ist mit einer Fläche von 2,46 km² der größte Gletscher des Stubachtales. Das tief eingeschnittene, nach NNW exponierte Hochtalende, das der Gletscher erfüllt, ermöglicht es diesem, bis 2120 m herabzureichen. Seine tiefe Lage wäre aber nicht ohne die Schutt- und Moränenbedeckung möglich, die einen hohen Ablationsverlust verhindern. Die Schuttbedeckung beträgt im unteren Teil 10–50 cm und reicht fast geschlossen bis in eine Höhe von 2400 m, wo sie in einer Übergangszone rasch an Mächtigkeit verliert und sich in einzelne Mittel- und Oberflächenmoränen auflöst. Die zwei Kilometer lange Zunge ist an der Stirn rund 350 m breit, in einer Höhe von 2400 m

[1] Für die Hilfe bei den Geländearbeiten und für die Förderung der Forschungen durch zahlreiche Diskussionen bin ich meinem Bruder Werner zu großem Dank verpflichtet. Die Messungen werden seit 1965 im Rahmen eines österreichischen Forschungsprogrammes innerhalb der Internationalen Hydrologischen Dekade (IHD der UNESCO) durchgeführt und von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften gefördert.

[2] Vergleiche auch die beigelegte Karte der Glocknergruppe.

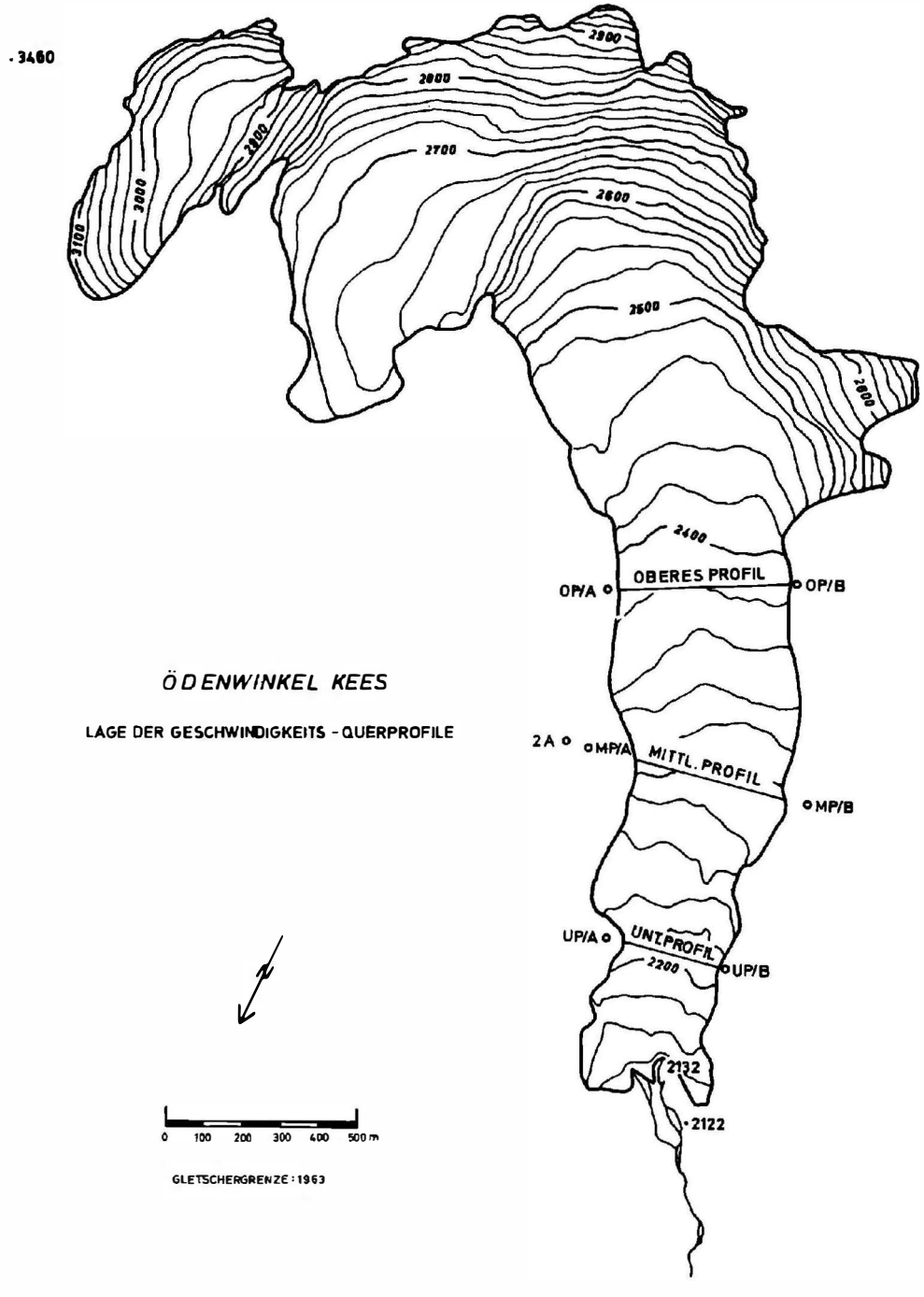



Abb. 1: Das Ödenwinkelkees, westliche Glocknergruppe (Hohe Tauern)

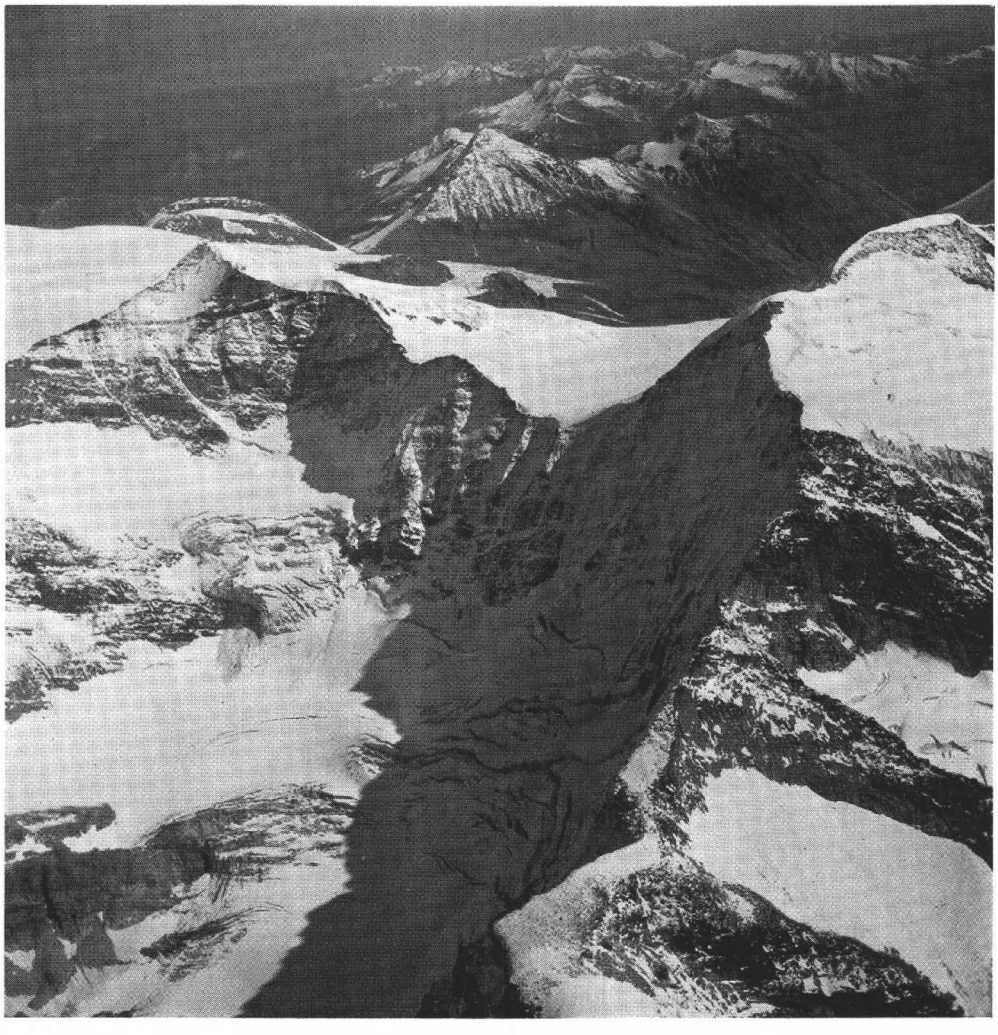


Bild 1: Das steile, spaltenzerrissene und hauptsächlich von Lawinen ernährte Firngebiet des Ödenwinkelkeeses zwischen dem Johannisberg (3463 m) und dem Eiskögele (3436 m). Der Steilabfall der westlichen Glocknergruppe im Bereich des obersten Stubachtales steht in markantem Gegensatz zu den flachkuppigen Oberflächenformen des Obersten Pasterzenbodens. Das Foto wurde am 25. 9. 1967 gegen E von H. Slupetzky aufgenommen. (Freigegeben vom BMfLV mit Zl. 4. 360 – RAbtB/69)

450 m. Die Oberflächenneigung beträgt im Mittel 10°, ab 2500–2600 m beginnt das Firngebiet mit Neigungen von 30° und mehr (Abb. 2).

Der größte Teil des Ödenwinkelkeeses liegt im Zentralgneis des Granatspitzkerns, nur der orographisch rechte Teil des Firngebietes hat Anteil an Gesteinen der Schieferhülle. Die Grenze zwischen beiden Gesteinszonen verläuft in der Karrückwand. Die Folge ist eine unterschiedliche Verteilung der Gesteine auf der Gletscherzunge. Orographisch links überwiegen helle, grobblockig zerfallende Gneise, der rechte Teil ist mit kleinen bis mittelgroßen, dunklen Platten von Kalkglimmerschiefer, Biotit- und Zweiglimmerschiefer bedeckt, es kommen auch Orthogneise, Serpentine und Amphibolite vor.

Einen Kilometer vor dem heutigen Gletscherende liegen Moränenwälle aus der Zeit des Hochstandes um die Mitte des vorigen Jahrhunderts, auch zu beiden Seiten begleiten Ufermoränen hoch über der heutigen Gletscheroberfläche die Zunge. Sie führen deutlich den starken Längen- und Dickenverlust des Gletschers in den letzten 100 Jahren

vor Augen. Nach E. RICHTER hatte das Ödenwinkelkees um 1870 eine Fläche von 3,24 km², 1926/27 noch 3,11 km² (nach V. PASCHINGER) und 1963 nur mehr 2,46 km². Auch jetzt geht das Ödenwinkelkees noch stark zurück, der Rückgang im Mittel der letzten acht Jahre betrug fast 13 m im Jahr (H. und W. SLUPETZKY, 1968).

## Die Messung der Oberflächengeschwindigkeit

Die Bewegung des Ödenwinkelkeeses wurde an drei Querprofilen (Abb. 1 und 2), die gleichmäßig über die Gletscherzunge verteilt sind, durchgeführt. Das sogenannte „Untere Profil" wurde 1962 angelegt, es liegt rund 300 m vom Gletscherende entfernt in einer Höhe von 2200 m. Der schuttbedeckte Gletscher ist hier spaltenlos und 250 m breit. Von beiden Seiten tritt Anstehendes an den Gletscher heran, rechts bilden die Talflanke steile Felswände, links ist der Hang flacher und mit Moräne fast vollkommen verkleidet. Die Böschungsverhältnisse setzen sich auch unter dem Gletscher fort, wie inverse Gletschertore zeigen. Das Gletscherbett dürfte hier ähnlich aussehen wie das heutige Gletschervorfeld unmittelbar vor dem Eisrand, nämlich sehr flach und von einer mächtigen Grundmoräne verhüllt. Die Eisdicke dürfte im Profil kaum mehr als 50 m betragen. Das „Mittlere Profil" liegt 500 m oberhalb in 2300 m Höhe. Die Zunge ist hier rund 400 m breit, die Oberflächenmoräne nimmt von beiden Seiten gegen die Mitte hin an Mächtigkeit ab. Besonders der linke Teil ist mit größeren Felsblöcken übersät. Nur orographisch rechts sind mehrere Spalten vorhanden. Rechts taucht steileres Felsgehänge unter den Gletscher, links geht der moränenbedeckte Gletscher allmählich in das flache Gehänge der Ufermoräne über, der Eisrand bzw. die Grenze bewegtes-unbewegtes Moränenmaterial ist äußerlich nicht zu erkennen. Das mittlere Profil wurde 1966 angelegt.

Weitere 500 m höher in 2380 m wurde erstmals 1963 das „Obere Profil" vermessen. Das Hochtal bildet hier eine Engstelle, durch die sich die im Firngebiet gesammelten Eismassen hindurchzwängen müssen. Der Gletscher, der an dieser Stelle 450 m breit ist, fließt in einer leichten Rechtskurve. Die Moränenbedeckung ist, abgesehen vom äußersten rechten Teil, nur mehr gering. In den wenige Zehner von Metern breiten Randzonen ist der Gletscher spaltenzerrissen. Für die Erfassung der horizontalen Bewegungskomponente der Oberflächengeschwindigkeit wurden Steine verwendet, die von zwei gegenüberliegenden, festen Punkten am Gelände (A, B) aus eingefluchtet wurden. Dabei

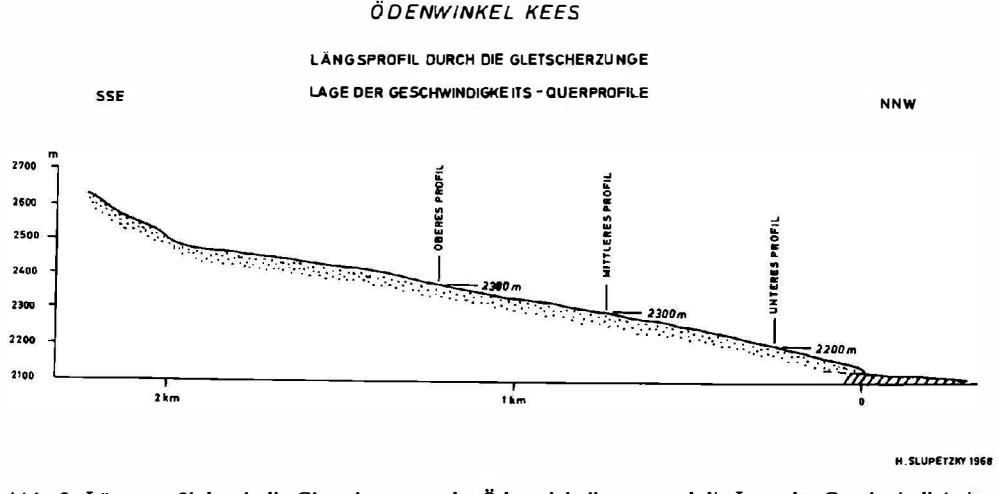



Abb. 2: Längsprofil durch die Gletscherzunge des Ödenwinkelkeeses und die Lage der Geschwindigkeitsprofile.

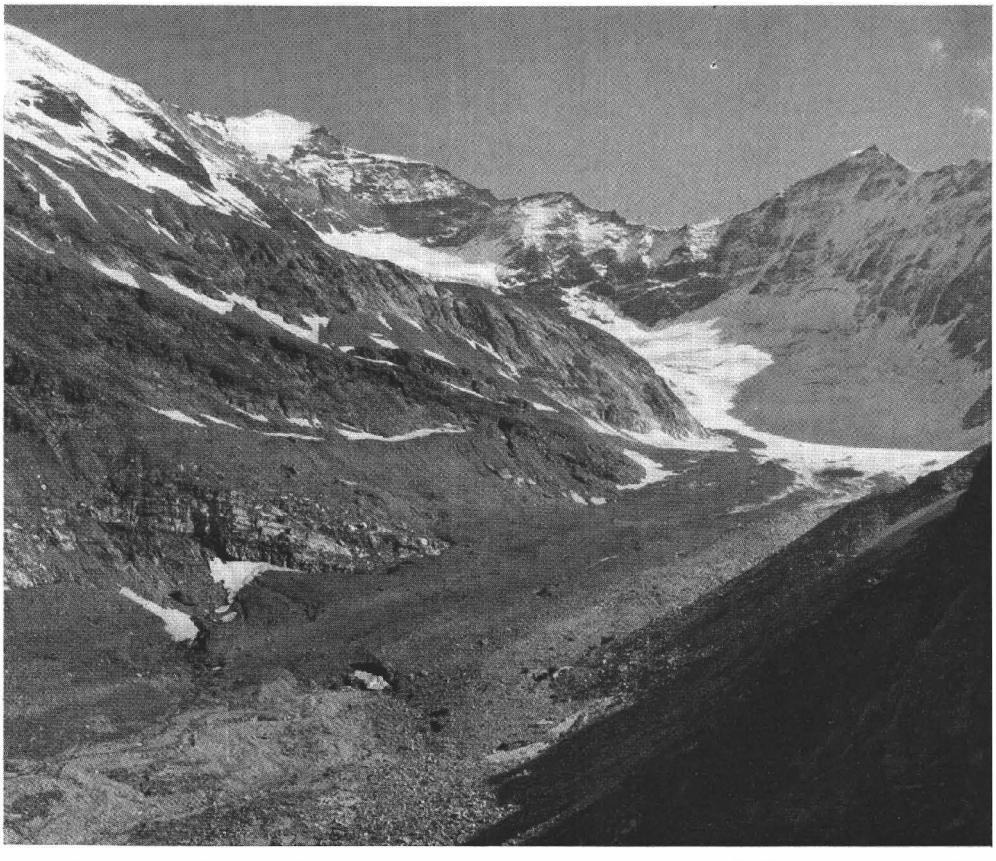


Bild 2: Das Ödenwinkelkees im obersten Stubachtal. Links ist der Johannisberg (3463 m), rechts das Eiskögele (3436 m) zu sehen. Der Gletscher liegt im Kar des „Ödenwinkel" am Fuße einer 600–800 m hohen Wandflucht. Die moränenbedeckte Zunge reicht bis 2120 m herab. Das Ende des schuttbedeckten Gletschers ist nur am Gletschertor zu erkennen. Das Foto wurde am 15. 9. 1966 vom Enzinger Leitl, Unterer Weg, aus aufgenommen (H. Slupetzky).

wurde geachtet, daß die Verbindungslinie beider Punkte möglichst senkrecht zur Gletscherbewegung verläuft. Beim Unteren Profil wurden zwischen 25 und 40, beim Oberen Profil im ersten Jahr 70, später 25–30 Steine verwendet. Es wurden zumeist Steinplatten mit einem Durchmesser zwischen 10 und 30 cm für die Messungen herangezogen. Die Steine sind mit Farbe numeriert. Sie wurden bei den jährlichen Nachmessungen Anfang September nicht wieder in die ursprüngliche Lage zurückversetzt, sondern es wurde jeweils eine neue Linie im Profil ausgelegt (Gelb 1962, Weiß 1963, Grün 1964, Rot 1965, Blau 1966, Orange 1967, Gelb 1968). Das Weiterwandern aller Linien konnte auch in den späteren Jahren verfolgt werden.

Um den Fehler, der durch das Abrutschen der Steine infolge Ablation (Abschmelzung) entsteht, bestimmen zu können, wurden 1963 im Unteren Profil in einem Abstand von 0,5 bis 0,8 m sechs Steine verschiedener Größe markiert. Es ergaben sich Abweichungen vom Mittel der Bewegung von nur + 9 bis − 11 cm, das sind maximal rund 4%. Je weniger Ablation in einem Jahr stattfindet um so geringer ist der Fehler. Im Oberen Profil wurden 1965 vier Pegel eingebohrt und daneben wie üblich Steine markiert. Von den vier Meßstellen war in einem Fall die Bewegung von Stein und Pegel gleich, in den anderen drei Fällen waren die Steine um 20, 15 und 5 cm weiter vorgewandert wie die Pegel. Daraus errechnet sich ein mittlerer Fehler von + 10 cm. Die Meßmethode mit

Steinlinien ergab also einen geringfügigen Mehrbetrag (maximal 1,3 %, im Mittel 0,7 % der Bewegung).

Ein weiterer Fehler kann entstehen, wenn die Bewegung nicht in allen Teilen des Profils senkrecht zum Querprofil gerichtet ist. Wenn das Profil richtig angelegt ist, bleibt der Fehler gering. Da das Abrutschen der Steine eine positive, der eben angeführte Fehler eine negative Abweichung, also zu geringe Werte bringt, dürften sich die Fehler im Mittel weitgehend aufheben.

Schwierig ist die Randgeschwindigkeit zu messen, besonders im Oberen Profil. Viele der ausgelegten Steine fallen in neu aufbrechende Spalten oder rutschen infolge der starken Abschmelzung ab. Auch ist die Spaltenzone in manchen Jahren nur schwer zugänglich.

## Ergebnisse

Die horizontale Geschwindigkeit ist in den drei vermessenen Profilen sehr verschieden. Während im Unteren Profil von 1967 auf 1968 eine mittlere Jahresbewegung von 1,58 m festgestellt wurde[3] zeigte das Mittlere Profil eine solche von 8,83 m und das Obere Profil den hohen Wert von 15,80 m. Das Maximum nimmt dementsprechend von 2,65 auf 12,00 und 18,00 m zu. Die gefundene Geschwindigkeitsverteilung im Längsprofil scheint für den Gletschertyp und die derzeitigen Ernährungsverhältnisse charakteristisch zu sein. Im oberen Teil der Zunge wirkt sich das steile Einzugsgebiet in einer relativ hohen Geschwindigkeit aus, sie bleibt bis in eine Höhe von 2300 m vergleichweise hoch. Von hier nimmt die Bewegung aber rasch ab und ist am Gletscherende praktisch Null[4]. Dies steht auch im Einklang mit den starken Zerfallserscheinungen am Gletscherende.

Alle drei Geschwindigkeitsprofile am Ödenwinkelkees weisen kontinuierliche Geschwindigkeitskurven auf (Abb. 3). Das Untere Profil zeigt in den Randpartien bis etwa 40 m einwärts nur einen sehr geringen Anstieg, im weiteren Verlauf nimmt die Ge-

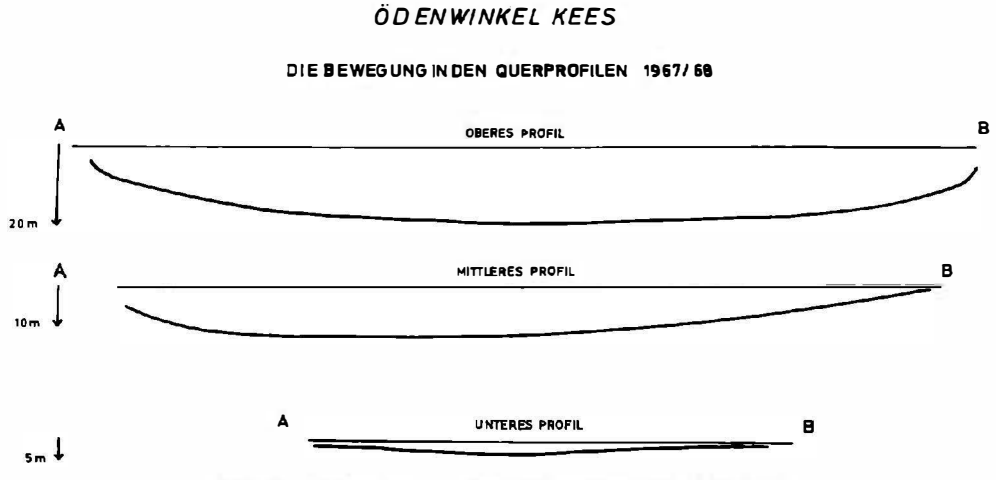



Abb. 3: Die Bewegung in den Querprofilen von 1967–1968

[3] Es wurde ein ausgewogenes Mittel berechnet. Die durchschnittliche Oberflächengeschwindigkeit ergab sich aus der ermittelten Diagrammfläche geteilt durch die Profilbreite. Gegenüber dem arithmetischen Mittel aus den Meßwerten ergeben sich beträchtliche Abweichungen, die um so größer sind, je weniger Meßwerte zur Verfügung stehen. Es ist daher unzulässig, bei nur wenigen Messungen durch Mitteilung der Einzelwerte das „wahre" Mittel zu bilden.

[4] Die Nachmessungen an einem Längsprofil in der ungefähren Gletscherachse bestätigten die Geschwindigkeitsverteilung. Bis 2320 m sinkt die Bewegung nur langsam auf rund 15 m ab, unterhalb erfolgt eine rasche Abnahme, bis sie 100 m vom Gletscherende entfernt nur mehr einen halben Meter beträgt.

schwindigkeit gleichmäßig bis zu einem Maximalwert im Stromstrich zu. Die Bewegungsform ist im Hauptteil des Profils eine typisch laminare[5]. Daß die Geschwindigkeit am Rande nicht Null ist bzw. nicht sofort vom Rand her ein gleichmäßiger Anstieg stattfindet, kann mit dem starken Rückgang schlüssig begründet werden. Der Gletscher liegt an seinen Rändern nicht mehr am Fels auf, sondern wird durch inverse Gletschertore bis weit unter den Gletscher hinein unterhöhlt. Ein Zurückbleiben der äußersten Eisränder infolge erhöhter Reibung am Fels unterbleibt, die Randpartien werden als Ganzes mitbewegt. Die unterschiedlichen Ausmaße zwischen der Bewegung am Rand und in der Mitte werden im Laufe der Jahre mit dem Abwärtswandern immer größer, die Mitte eilt den Rändern voraus (Abb. 4).

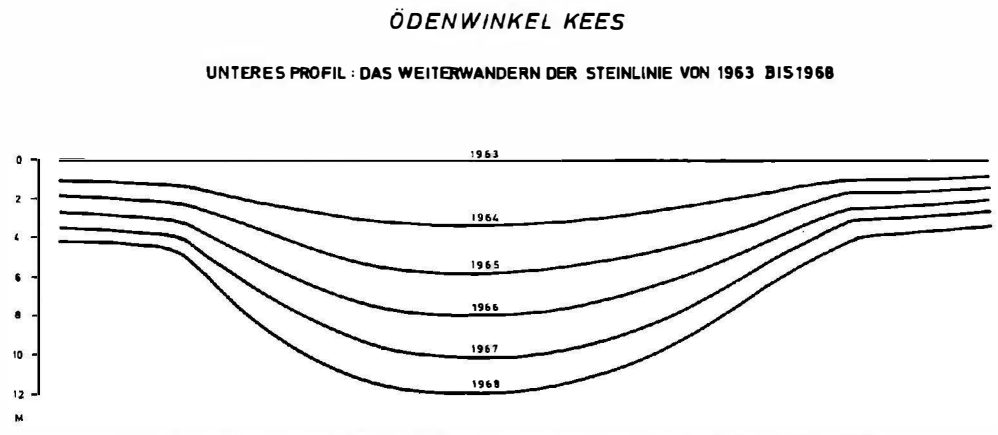



Abb. 4: Das jährliche Weiterwandern der ausgelegten Steinlinie von 1963–1968.

Die Bewegungskurve des Mittleren Profils ist asymmetrisch und zeigt die Charakteristika einer strömenden Bewegung, besonders in der orographisch linken Hälfte des Querschnitts, wo die Bewegung vom Rand her gleichförmig gegen die Mitte ansteigt. Rechts erfolgt der Anstieg rascher, gegen die Mitte nimmt die Geschwindigkeit nur mehr langsam zu. Das asymmetrische Diagramm dürfte durch die besonderen Verhältnisse im Querschnitt verursacht werden. Die Felsstufe, die am rechten Talhang heranstreicht, setzt sich wahrscheinlich auch unter dem Gletscher fort. Dies ist schon an der stärkeren Neigung der Gletscheroberfläche und an einer Spaltenzone an dieser Stelle zu erkennen.

Die Bewegungsform im Oberen Profil ist besonders interessant. Die Kurve steigt von den Rändern steiler an und verflacht rasch im Mittelteil. Das Maximum liegt nicht in der symmetrischen Mitte des Gletschers, sondern ist nach orographisch links verschoben. Der Grund liegt darin, daß das Eis im Mittelteil des Gletschers aus der Bewegungsrichtung SE–NW nach SSE–NNW umgelenkt wird und daher der Stromstrich nach außen, nach links verlagert wird. Der rasche Anstieg der Geschwindigkeit an den Rändern führt zu Zerrungserscheinungen im Eiskörper, sie sind an den Spalten- und Scherungszonen an den Rändern zu erkennen.

[5] Geschwindigkeitsmessungen an zahlreichen Gletschern der Erde haben ergeben, daß zwei charakteristische Bewegungsformen vorkommen: Die strömende Bewegung und die Blockschollen-Bewegung. Bei der laminar-strömenden Bewegung, die den Alpengletschern in der Regel eigen ist, steigt die Bewegung von fast Null an den Rändern gleichmäßig zu einem Maximalwert im Stromstrich an. Der ganze Gletscher bewegt sich gleichmäßig fließend. Bei der Blockschollenbewegung steigt die Geschwindigkeit nahe den Gletscherrändern sprunghaft an, der Hauptteil des Gletschers hat eine einheitliche, hohe Bewegung, die nur mehr gering gegen die Mitte zunimmt. Der gesamte Gletscher wird blockartig als Ganzes mit großer Geschwindigkeit weiterbewegt (Gleitbewegung).

Der Verlauf der Geschwindigkeitskurve im Oberen Profil zeigt keine typische strömende Bewegung, aber auch keine Blockschollenbewegung. Es scheint sich bei dieser Bewegungsform um einen Übergangstypus zu handeln.

Das Verhältnis der durchschnittlichen Bewegung zur maximalen Bewegung in den einzelnen Profilen kann als zahlenmäßiges Kriterium herangezogen werden, um die Bewegungsform zu charakterisieren. Bei der strömenden Bewegung würde der Index den Betrag des dafür typischen Tunsbergdalsbre (Südnorwegen) annehmen, nämlich 0,71 (W. KICK, 1964). Bei der blockförmigen Bewegung würde der Index größer sein und nahe an 1,0 herankommen. Im Unteren Profil ist dieser Index 0,63 und im Mittleren 0,74, also typisch für strömende Bewegungsform. Dies ist aber im Oberen Profil nicht mehr der Fall. Er beträgt hier 0,86.

Die Tabelle 1 und Abbildung 5 geben eine Übersicht über die jährlichen Änderungen der Bewegung in den drei Profilen. Im Unteren Profil schwankte die jährliche mittlere Bewegung im Zeitraum 1962 bis 1968 zwischen 1,50 (1964/65) und 205 (1963/64). Die mittlere Bewegung betrug 1,71 m (1962–1968), die mittlere maximale Bewegung 2,71 m.

Tab. 1: Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessungen am Ödenwinkelkees

| Meßzeitraum | Mittlere Bewegung | Mittlere Bewegung f. d. Zeit Anfang September bis Anfang September | Maximale Bewegung |
|---|---|---|---|
| **Unteres Profil** | | | |
| 3. 9. 1962–13. 8. 1963 | 1,58 | 1,70 | 2,40 |
| 3. 9. 1964 | 2,17 | 2,05 | 3,40 |
| 5. 9. 1965 | 1,50 | 1,50 | 2,30 |
| 4. 9. 1966 | 1,63 | 1,63 | 2,65 |
| 6. 9. 1967 | 1,78 | 1,78 | 2,85 |
| 2. 9. 1968 | 1,58 | 1,58 | 2,65 |
| | Mittlere Bewegung 1962–1968 1,71 m/Jahr | | Mittl. max. Bewegung 1962–68 2,71 m/Jahr |
| **Mittleres Profil** | | | |
| 7. 9. 1966–6. 9. 1967 | 8,44 | 8,44 | 11,40 |
| 2. 9. 1968 | 8,83 | 8,83 | 12,00 |
| | Mittlere Bewegung 1966–1968 8,63 m/Jahr | | Mitt. max. Bewegung 1966–68 11,70 m/Jahr |
| **Oberes Profil** | | | |
| 13. 8. 1963– 4. 9. 1964 | 13,67 | 13,67 | 16,10 |
| 23. 9. 1965 | 13,71 | 13,03 | 16,00 |
| 7. 9. 1966 | 14.01 | 14,69 | 16,40 |
| 22. 9. 1967 | 16,69 | 16,03 | 19,10 |
| 2. 9. 1968 | 15,20 | 15,80 | 18,00 |
| | Mittlere Bewegung 1963–68 14,66 m/Jahr | | Mittl. max. Bewegung 1963–68 17,12 m/Jahr |

Die Messungen im Mittleren Profil ergaben eine mittlere Oberflächengeschwindigkeit von 8,63 m (1966–1968) und eine durchschnittliche maximale Bewegung von 11,70 m.

Im Oberen Profil konnte 1963/64 eine mittlere Geschwindigkeit von 13,67 m festgestellt werden, sie sank im nächsten Jahr auf 13,03 m ab, stieg aber dann in den folgenden beiden Jahren auf einen Höchstwert von 16,03 m (1966/67). 1967/68 war die Bewegung mit 15,80 m nur geringfügig weniger. Auch das absolute Maximum im Meßzeitraum 1963–1968 wurde 1966/67 mit 19,10 m gemessen. Das mittlere Maximum beläuft sich auf 17,12 m (1963–1968).

Während die Bewegung im Unteren Profil nur geringfügig schwankt bzw. annähernd gleichbleibende Tendenzen zeigt, stieg die Geschwindigkeit im Oberen Profil seit 1964/65 stärker an. Die Erhöhung dürfte die Reaktion auf die Schwankungen der Ernährungsbedingungen in den letzten Jahren sein. Die Jahre 1962/63 und 1963/64 mit den geringen

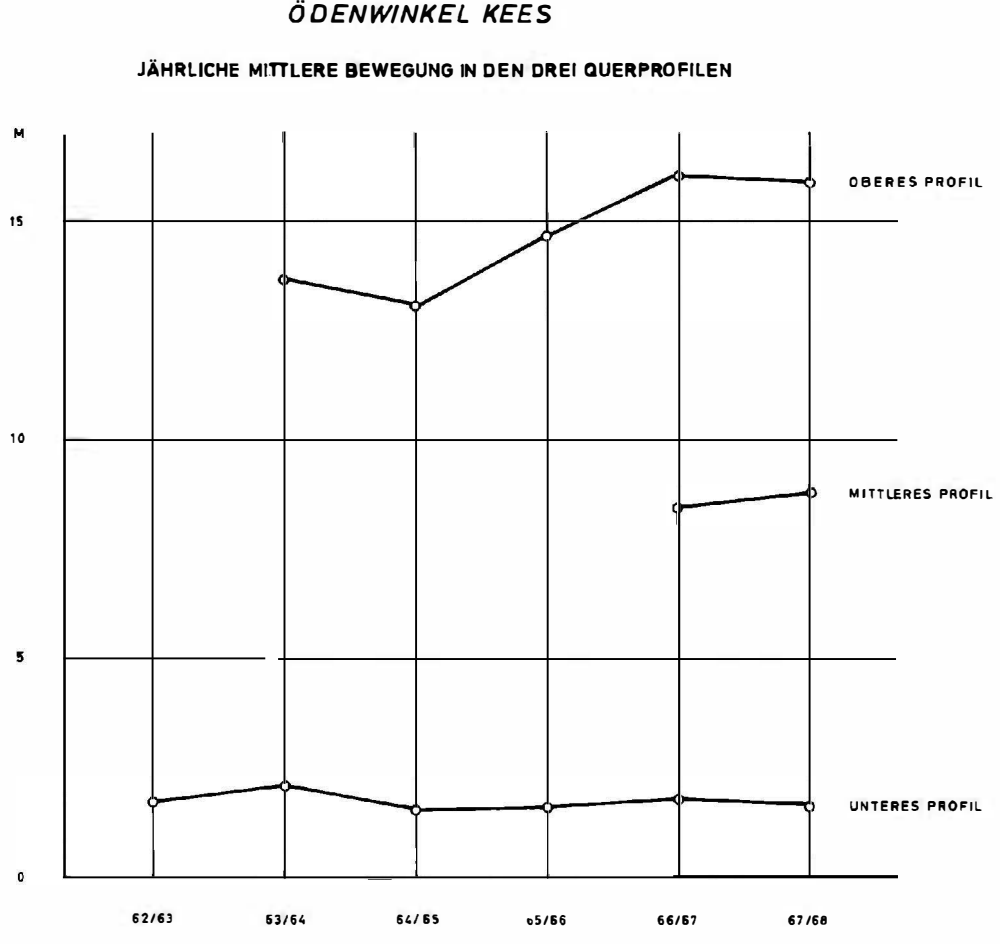



Abb. 5: Die jährliche mittlere Bewegung in den Querprofilen.

Winterniederschlägen und den strahlungsreichen, warmen Sommern waren für den Gletscher sehr ungünstige Jahre. Die Bewegung sank bis 1964/65 auf einen Tiefstwert ab. Die besonders schneereichen und im Sommer kühlen Haushaltsjahre 1964/65 und 1965/66 dagegen waren für den Gletscher günstig. Die hohen Rücklagen im Firngebiet bewirkten ein Jahr später eine Erhöhung der Bewegung.

Aus den Bewegungsschwankungen im Oberen Profil geht hervor, daß das Ödenwinkelkees relativ rasch auf geänderte Ernährungsbedingungen reagiert. Die erhöhte Akkumulation im Firngebiet wirkt sich ohne größere Verzögerung in einer Bewegungszunahme aus. Wie rasch sich die Zunahme an der Gletscherzunge auswirken wird, ist aus den Messungen noch nicht zu ersehen. Es ist überhaupt fraglich, ob sie groß genug ist, um auch in tieferen Teilen eine wirksame Änderung des Verhaltens zu verursachen. Dies ist am ehesten dann zu erwarten, wenn die ansteigende Tendenz im oberen Teil des Gletschers weiter anhält.

In Abbildung 6 ist die Beziehung zwischen der mittleren Bewegung und der maximalen dargestellt. Die Zunahme (oder Abnahme) der Geschwindigkeit in den Profilen erfolgt proportional der maximalen, das Verhältnis mittlere Bewegung: maximaler Bewegung ändert sich aber über die Länge des Gletschers. Es steigt von 0,65 im Unteren Profil auf 0,86 im Oberen Profil. Würde man nur die maximale Bewegung im Stromstrich des Gletschers messen, so könnte daraus mit Hilfe des empirisch gefundenen Faktors die

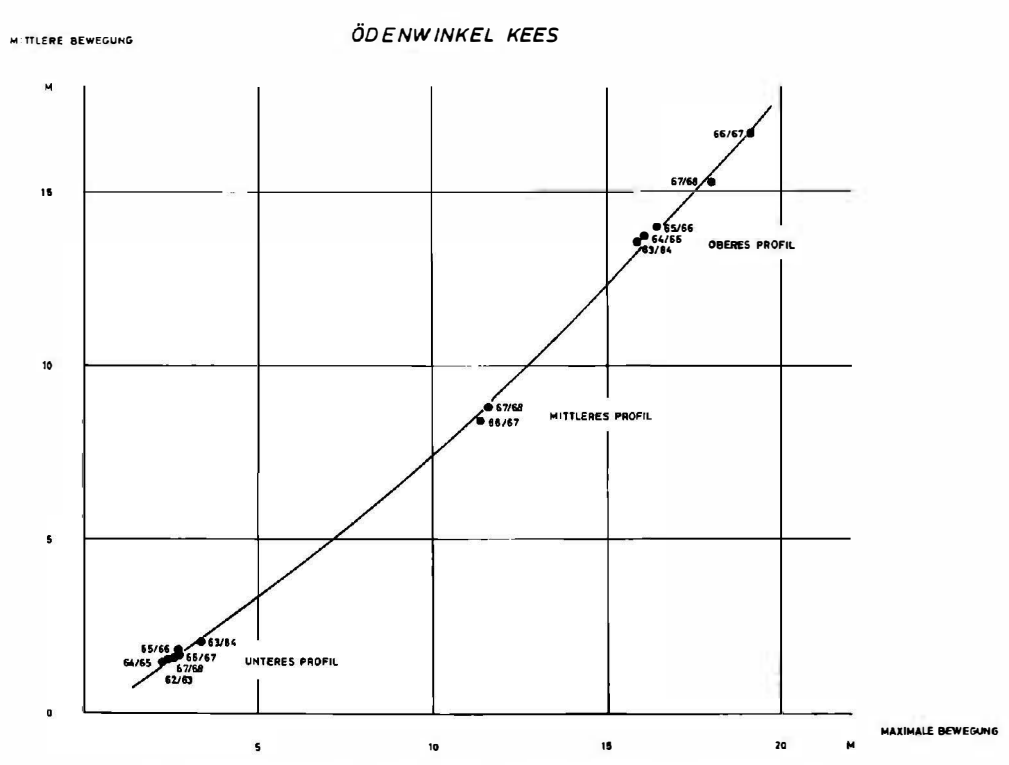
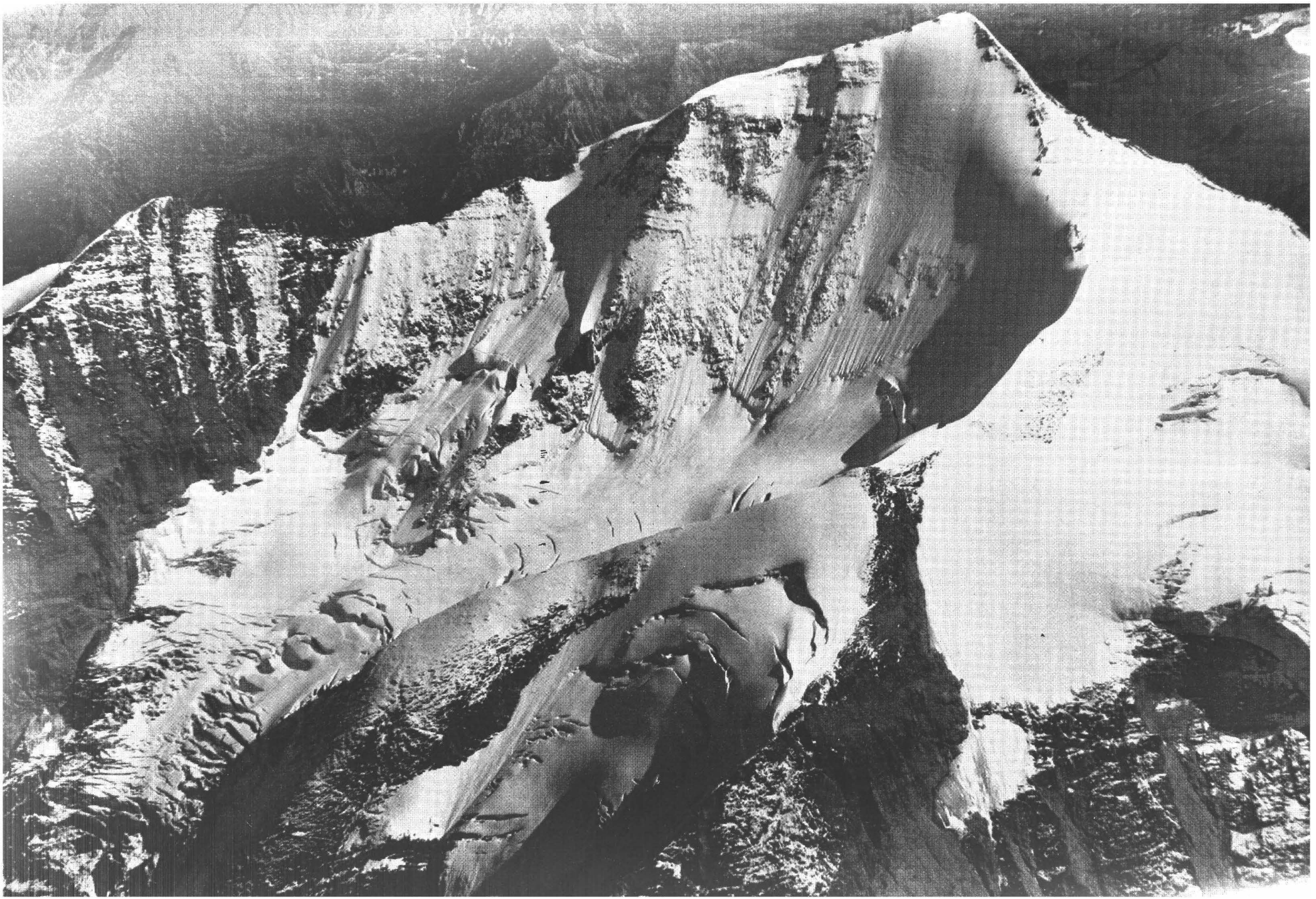



Abb. 6: Die Beziehung zwischen der maximalen und der mittleren Bewegung.

mittlere Bewegung berechnet werden. Dies ergäbe für die vergangenen Jahre im Oberen Profil einen mittleren Fehler von nur 3 %, das sind 45 cm Abweichung vom gemessenen Mittel. Der maximale Fehler wäre 8 %. Im Unteren Profil könnte die mittlere Bewegung auf dm genau berechnet werden. Diese Berechnungen wären aber nur für die derzeit herrschende Bewegungsstruktur des Gletschers gültig. Wie sich die Verhältnisse bei einem kräftigen Vorstoß ändern, muß dahingestellt bleiben.

## Zusammenfassung

In den Jahren 1962 bis 1968 wurden am Ödenwinkelkees (Hohe Tauern) Geschwindigkeitsmessungen an drei Querprofilen durchgeführt. Es sollten Ausmaß und Art der Bewegung an diesem in den Ostalpen seltenen Gletschertyp, nämlich einem Wandfußgletscher, ermittelt werden. Im unteren Teil zeigt der Gletscher nur mehr geringe Bewegung, sie beträgt in 2200 m, 300 m vom Gletscherende entfernt, nur 1,71 m/Jahr. (Die Gletscherstirn geht demgegenüber 12,9 m/Jahr zurück!). Im oberen Teil der Zunge, in 2380 m, konnte eine relativ hohe mittlere Jahresbewegung von 14,66 m festgestellt werden. Die maximale Bewegung wurde hier 1966/67 mit 19,10 m gemessen. Die Oberflächengeschwindigkeit hat im oberen Teil seit 1964/65 zugenommen, sie stieg von 13,03 m (1964/65) auf 16,03 m (1966/67). Die Zunahme ist wahrscheinlich schon eine Folge der günstigen Ernährungsbedingungen in den letzten Jahren. Der erhöhte Firnzuwachs kann sich beim Ödenwinkelkees zufolge des steilen Firngebietes rasch und ohne größere Verzögerung in einer Erhöhung der Fließgeschwindigkeit im oberen Teil der Zunge bemerkbar machen. Die Bewegungsform des Gletschers ist eine laminar-strömende, sie ist aber im oberen Profil in 2380 m nicht mehr typisch, sondern zeigt Ansätze zu einem Übergangstyp zur Blockschollenbewegung.



Das Große Wiesbachhorn, 3570 m, und das Kleine Wiesbachhorn, 3284 m (links). Am Fuße der steilen Eis- und Firnflanke (Wiesbachhorn-Nordwestwand) entspricht das spaltenzerrissene Wielingerkees. Im Vordergrund, von links nach rechts ansteigend, ist der Kaindlgrat zu erkennen. Er wird bei der Besteigung des Wiesbachhorns über die Normalroute vom Heinrich-Schweiger-Haus kommend, begangen. (Flugaufnahme von H. SLUPETZKY am 17. 10. 1965. Freigegeben vom BMfLV mit Zl. 4.360–RabtB/69.)

# Der Bergkristallschatz vom Ödenwinkel

Von Rudolf Vogeltanz (Salzburg)

In einer monographischen Darstellung des Großglocknergebietes sollten auch ein paar Zeilen über eine naturwissenschaftliche Kostbarkeit nicht fehlen, die im Jahre 1965 im sogenannten Ödenwinkel im Talschluß des Stubachtales entdeckt wurde. Der Bramberger Bauernsohn Peter Meilinger entdeckte zusammen mit seinem Bergkameraden Hans Hofer anläßlich einer Durchsteigung der Eiskögele-Nordwand zwei gewaltige Bergkristalle, die halb aus dem Schutt und Sand einer schräg in den Berg ziehenden Kluft ragten. In vorbildlicher Weise verständigte Meilinger sofort nach seiner Rückkehr ins Tal den Direktor des „Hauses der Natur", Prof. Dr. Tratz, und machte bereits sehr genaue Angaben über die Fundumstände sowie über die Verhältnisse an der Fundstelle.

Die durch die örtlichen Verhältnisse sehr schwierige Bergung erfolgte in beispielhafter Zusammenarbeit ziviler und militärischer Stellen durch das Österreichische Bundesheer, wofür den Beteiligten herzlichst gedankt sei.

Es soll nun hier nicht über die großartigen Leistungen der Soldaten während der vierzehntägigen Bergung berichtet werden, da dies in gebührender Form bereits mehrmals geschehen ist. In Zusammenhang mit der Themenstellung dieses Bandes mag es dem Leser vielleicht interessant erscheinen, wie ein derart gigantisches Kristallwachstum in den Klüften unserer Zentralalpen überhaupt möglich ist. Dazu muß vorher noch vermerkt werden, daß es nicht bei den beiden durch Meilinger und Hofer entdeckten Kristallen geblieben ist; insgesamt zehn Großkristalle und zahlreiche kleinere kamen im Zuge der Bergung ans Licht. Der größte Kristall – nach seinem Entdecker „Meilinger" benannt – ist 116 cm hoch, an seiner breitesten Stelle 76 cm breit, hat einen Umfang von 220 cm und wiegt ganze 618 kg, also etwa soviel wie ein kleinerer Personenkraftwagen. Keiner der Riesenkristalle ist niedriger als 100 cm, der leichteste wiegt immerhin noch 84 kg, alle zusammen erreichen ein Gewicht von über zwei Tonnen.

Über die Entstehung solch großer Kristalle ist man sich noch nicht ganz einig, zumal nicht alle „Alpinen Kluftminerale", wie man solche Naturgebilde nennt, auf dieselbe Weise wachsen. Es gibt grundsätzlich zwei Erklärungen: entweder kristallisierten heiße und an Kieselsäure übersättigte Lösungen in den Gesteinsspalten aus, nachdem sie aus der Tiefe der Erdrinde von heißen Granitkörpern in die Höhe gestiegen waren und dabei allmählich abkühlten, oder die Kristalle bildeten sich aus kieselsäurehaltigen Wässern, die durch Aufschmelzung des umgebenden Gesteines (Metamorphose) von der Seite her in die Gesteinsklüfte eingedrungen waren.

In jedem Falle aber war der eigentliche Entstehungsvorgang – die Kristallisation – der gleiche: wer jemals in der Schule während des Physikunterrichtes Salz- oder Zuckerkristalle aus stark übersättigten Lösungen entlang eines „Kristallisationskeimes" – etwa eines Bindfadens – wachsen gesehen hat, hat damit ein sehr anschauliches Modell auch für die Kristallisation der Quarzkristalle vor Augen. In diesem Falle waren die Kristallisationskeime vielleicht kleine Gesteinssplitter. Den Laien interessiert immer wieder auch die Geschwindigkeit, mit der Kristalle und im besonderen diese Giganten wachsen. Diese Frage ist sehr schwer zu beantworten, weil es dabei auf eine Fülle von Faktoren ankommt, die diesen Vorgang beeinflussen. Grundsätzlich können Kristalle sehr schnell (gleichsam vor unseren Augen) aber auch sehr langsam (im Verlaufe von Jahrmillionen) wachsen. Im ersten Falle müssen völlig ruhige Umweltbedingungen herrschen, der Gebirgskörper darf von keinen sogenannten „tektonischen Ereignissen"



Die sieben größten Riesenbergkristalle nach ihrer Aufstellung im „Haus der Natur" zu Salzburg.

wie zum Beispiel Erdbeben erschüttert werden. Im zweiten Falle – und dieser dürfte für die Riesenbergkristalle vom Ödenwinkel zutreffen – kann das Wachstum mehrmals durch solche tektonischen Vorgänge unterbrochen und immer wieder durch neuzuwandernde Lösungen fortgesetzt werden. Meistens kann der Fachmann dies erkennen, wie zum Beispiel an einer leichten Knickung der Kristallachsen oder durch „zonares Wachstum", bei dem die Kristalle aus mehreren Hüllen bestehen, die optisch verschieden orientiert sind.

Wer aus dem Leserkreis einmal das „Haus der Natur" in Salzburg besucht, in dem sich übrigens zahlreiche Darstellungen auch über das Glocknergebiet befinden, versäume nicht, im Erdgeschoß die Schatzkammer mit den sieben größten Riesenbergkristallen aufzusuchen und vielleicht auch ganz kurz darüber nachzudenken, welche gewaltigen Bildungskräfte in unserer scheinbar so toten Erdkruste schlummern.

# Die Pflanzenwelt im Banne des Großglockners und des Pasterzengletschers

Von Helmut Friedel (Innsbruck)

Vorliegende kleine Abhandlung zielt weder auf Besprechung besonders kennzeichnender Pflanzenarten des Glockner- und Pasterzengebietes ab, noch auf die spezifischen Pflanzengesellschaften dieses Bereiches. Solche Einzelheiten werden wohl mehrfach herangezogen, aber die eigentliche Aufgabe soll darin bestehen, komplexe Kleinlandschaften des Pflanzenreiches aus meist mehreren räumlich zusammengehörigen Vegetationseinheiten zu umschreiben.

## Die Vorgangsweise für unsere Vegetationskunde

Viele gesetzliche Eigenheiten der Vegetation werden dadurch erkennbar, daß man den Nachdruck auf Erfassung der typischen und vollzähligen Artenzusammensetzung einer Pflanzengesellschaft legt und sie in dieser Hinsicht vergleichend untersucht. So geht die heute herrschende floristische Vegetationskunde vor.

Mindestens ebenso wichtige vegetationskundliche Ergebnisse anderer Art ergeben sich aber dadurch, daß man von dem vorgenommenen Gebiet eine vollständige, flächenfüllende Liste aller gesetzmäßig wiederkehrenden Vegetationsarten anlegt und davon jede in ihrem Rahmen nachbarlicher Bewuchsarten in ihren Grenzlinien großmaßstäblich kartiert. Die gegeneinander ausgebildeten Grenzen sind meist gut sichtbar und daher an Hand einiger Meßpunkte leicht in die Karte nachzuzeichnen. Dabei haben wir freilich zunächst bloß eine räumliche Trennung zwischen den hier und dort vorherrschenden Pflanzenarten (Dominanten) vorgenommen. Die vielerlei Begleitarten der aneinanderstoßenden Vegetationstypen beiderseits der Trennlinie gehen dagegen meist unübersichtlich fließend und manchmal auch ziemlich unregelmäßig ineinander über.

Trotzdem zeigt sich fast stets, daß den Flächen beiderseits des Dominanzwechsels eine kennzeichnende Artenkombination zugeordnet und mit der Trennlinie miterfaßt worden ist. Das ist um so sicherer der Fall und die Abgrenzung auch um so schärfer, also auch um so leichter kartierbar, je reifer der Entwicklungsgrad der untersuchten Gründecke ist und je weniger menschliche Wirtschaftseinflüsse und andere Naturstörungen den natürlichen Vegetationsaufbau verändert haben. Im Hochgebirge liegen diese Umstände meist besonders günstig.

Wie die floristische Vegetationsbetrachtung nach den Verwandtschaftsgraden in der Artenzusammensetzung zu höheren systematischen Einheiten von Pflanzengesellschaften gelangt, so besteht in unserer geobotanischen Untersuchungsweise für eine landschaftliche Vegetationskunde die Vorzugsaufgabe, gesetzliche Kombinationen von flächenbestimmten Vegetationsarten zu regional typischen Vegetations-Kleinlandschaften und diese wiederum zu umfassenderen geobotanischen Landschaftseinheiten zusammenzufassen. Das scheint mir eine wichtige, zur Hauptsache noch brachliegende Arbeitsrichtung, ja der eigentliche Sinn einer, wie der Name sagt, dem Wesen nach räumlich denkenden Geobotanik zu sein.

Daß der Verfasser in einer so kurzen Betrachtung Wesentliches und Neues zu bringen versuchen kann, ist nur möglich, weil er 1930 –1944 das Gebiet vegetationsmonographisch aufgenommen hat (FRIEDEL 1956) und dabei auch die an den Vegetationseinheiten beteiligten Arten vollständiger aufgenommen hat, als es gewöhnlich geschieht. Er hat sich nämlich in jahrelanger Arbeit bemüht, auch sämtliche zugehörige Flechten und Moose zu erfassen Daß das geschehen konnte, ist wiederum vorzüglich der Hilfe des Alpenvereins zu danken. Hinsichtlich vieler notwendiger Unterlagen muß auf das genannte wissenschaftliche Druckwerk rückverwiesen werden.

## Geographische Voraussetzungen

Um mit unserer Betrachtung nicht auf ungeeignete Bahnen zu geraten, ist es wichtig, das behandelte Gelände schon gleich in seinem weiteren geographischen Rahmen zu sehen. Da es vom dreiteiligen Mölltale dem oberen oder Döllacher Teilstück (Johannis-

berg bis Winklern) angehört und dessen Abschluß bildet, liegt es südlich dem Hauptkamm der Hohen Tauern an. Es liegt damit in der TSCHERMAK'schen inneren Nadelwaldzone der Alpen, das heißt zwischen dem Buchenmischwald, der noch am schattseitigen Abfall zum Pinzgau auftritt, und dem Eichenmischwald, der noch am Fuße der sonnseitigen Drautalflanke gedeiht (TSCHERMAK, L., 1935).

Ungeachtet dessen, daß sich dieses Gebiet geologisch im Sattel zwischen dem Granatspitz-Zentralkern im W und dem Hocharnspitz-Zentralkern im E befindet, liegt morphologisch gerade quer über diesen Sattel die Reihe der größten Erhebungen: Glockner, Wiesbach- und Kitzsteinhorn. Sie werden von Gesteinen aus jenen Schieferhüllen über diesen Zentralkernen aufgebaut, welche im sogenannten Tauernfenster zutage treten. Trotzdem von diesen Decken im Osten und Westen unseres Bereiches auch andere Gesteine hereinreichen, muß es hier genügen, als Hauptbaustoffe den grünlichen, nichtbasischen Chloritschiefer und den graubräunlichen, stark basischen Kalkglimmerschiefer kurz heranzuziehen. Der erste herrscht mehr an der linken, der zweite mehr an der rechten Talseite, beidemal jedoch so sehr tektonisch ineinandergewirkt, daß jeder von ihnen nur selten streckenweise allein auftritt. Der erste zerfällt nur langsam in grobe bis kleinere Schuttstücke, der zweite relativ schnell zu Grus, Sand und Staub.

Wenn wir für unseren Hochgebirgsbereich geobotanische Landschaftsformen ausgliedern wollen, müssen wir uns zuvor über Bezeichnungen einiger geländekundlicher Hauptbegriffe einigen, wobei wir womöglich auf entsprechende Volksausdrücke des Gebietes zurückgreifen. Gewöhnlich wechseln ja im Gefälle der Hochgebirgsflanken Steilzonen mit oft weithin ziehenden Sanftstreifen ab, was sich bekanntlich von der Art einstiger Gebirgshebung und von Eiszeitwirkungen herleitet. Wir verwenden für die Versteilungen die Älplerbezeichnung Leiten (sonst Hänge, Steilhänge), und für die Verebnungen den Osttiroler Ausdruck Lenken (anderswo als Absatz, Leiste, Gesimse; bei auffallender Ebenheit auch als Terrasse bezeichnet). Natürlich gibt es zwischen beiden alle Übergänge. Da sie sich aber stark in ihrer Pflanzendecke zu unterscheiden pflegen, wird man sie am besten nach dieser auseinanderhalten. Sind die Leiten unvollständig begrünt, so wollen wir von Halden sprechen. Mit geschlossenen Gründecken dagegen heißen sie Planggen. Sanftflächen sind fast immer vollbegrünt, ein Bewuchs der bei unseren Gebirglern den Namen Pleißen führt. Die seltenen Ödflächen auf ihnen sind Überschüttungen mit Gesteinsdetritus, können aber auch durch allzulange Bedeckung mit Schneewehen oder Lawinenresten entstanden sein. (Auf sie glaube ich die freilich selten gehörten Ausdrücke Sillen und Krösen beziehen zu dürfen.)

All diesen unterschiedlichen Feldfluren stehen die ebenso mannigfaltigen Felsfluren gegenüber sowie die verschieden lang, oft und stark überfluteten Schwemmfluren (Ganten), denen sich oft auch Rieder und Möser zugesellen. Hinsichtlich der Felsfluren ist jedermann der Unterschied zwischen den steilen mehr glattflächigen Wänden und dem unruhigen Gezacke der Schrofen geläufig. Felsflächen geringer Steilheit können großflächig glatt sein, entweder wenn sie gerade entlang Schichtfugen abgeschnitten oder auch wenn sie gleichmäßig gletschergehobelt sind. Solche Gesteinsoberflächen heißen in den Tauern Bretter. Dazu tritt hier aber eine noch großflächigere, geodynamisch und geobotanisch höchst eigenartige Felsflurart, auf die wir noch zurückkommen müssen, die Bratschen.

## Bioklimatische Bedingungen

Selbstverständlich muß die landschaftliche Geobotanik, zumal wenn sie zu ursächlichen Zusammenhängen vorstoßen will, die regionalen, die höhenzonalen und die kleinzonalen Klima-Verhältnisse in Rechnung stellen. So haben wir im Bereich der Hohen Tauern eine tiefgehende regionale Klimaverschiedenheit nördlich und südlich des Hauptkammes, nämlich im Gegensatz zum ozeanischen Norden ausgesprochene (hygrische) Kontinentalität in dem genannten dritten Talstück des Möllaufes, einem Glied der steppenhaltigen inneralpinen Gebietskette, die vom Wallis bis zum Lungau hinzieht und

deren Vegetation vor kurzem großartig bearbeitet worden ist (BRAUN-BLAQUET, 1961). Unser spezielles Trockenklima-Gebiet reicht vom Döllacher Talboden hinauf bis zum Pasterzenfirn. Gemeint ist dabei freilich nicht einfach Klima, sondern Bioklima, denn gemäß den Gams'schen Isepiren (GAMS, 1931) kommt im Hochgebirge gleicher Niederschlags- und auch Regenmenge in verschiedenen Höhenlagen ganz verschiedene biologische Wirkung zu und umgekehrt kann ganz verschiedener Niederschlag dieselbe Kontinentalität ausmachen.

Die durch verschiedene Meereshöhe bewirkte klimatische Abstufung zeigt sich dem Auge ebenfalls durch geobotanische Erscheinungen besonders deutlich. Ab der oberen Existenzgrenze von Wald- und Baumwuchs beginnt für den Geobotaniker die alpine Höhenstufe des Gebirgsgeländes. Es muß aber die wirkliche klimatische Baumgrenze sein, welche immer erst durch mühsame kritische Arbeit festgestellt werden muß, da vom Walde ja oft nur traurige Restbestände übrig sind. Es geschieht am besten, indem man über möglichst große Gebiete die allerobersten Einzelbäume und Waldflecken aufsucht und vergleichend bearbeitet. Über Einzelheiten muß auf meine jüngst erschienene Waldgrenz-Arbeit verwiesen werden (FRIEDEL, 1967). Der Verlauf der klimatischen Wald- und Baumgrenze steigt gleichsinnig mit der Massenerhebung taleinwärts an, um dann in Gletschertälern nahe dem Talhintergrund plötzlich wieder abzusinken, letzteres

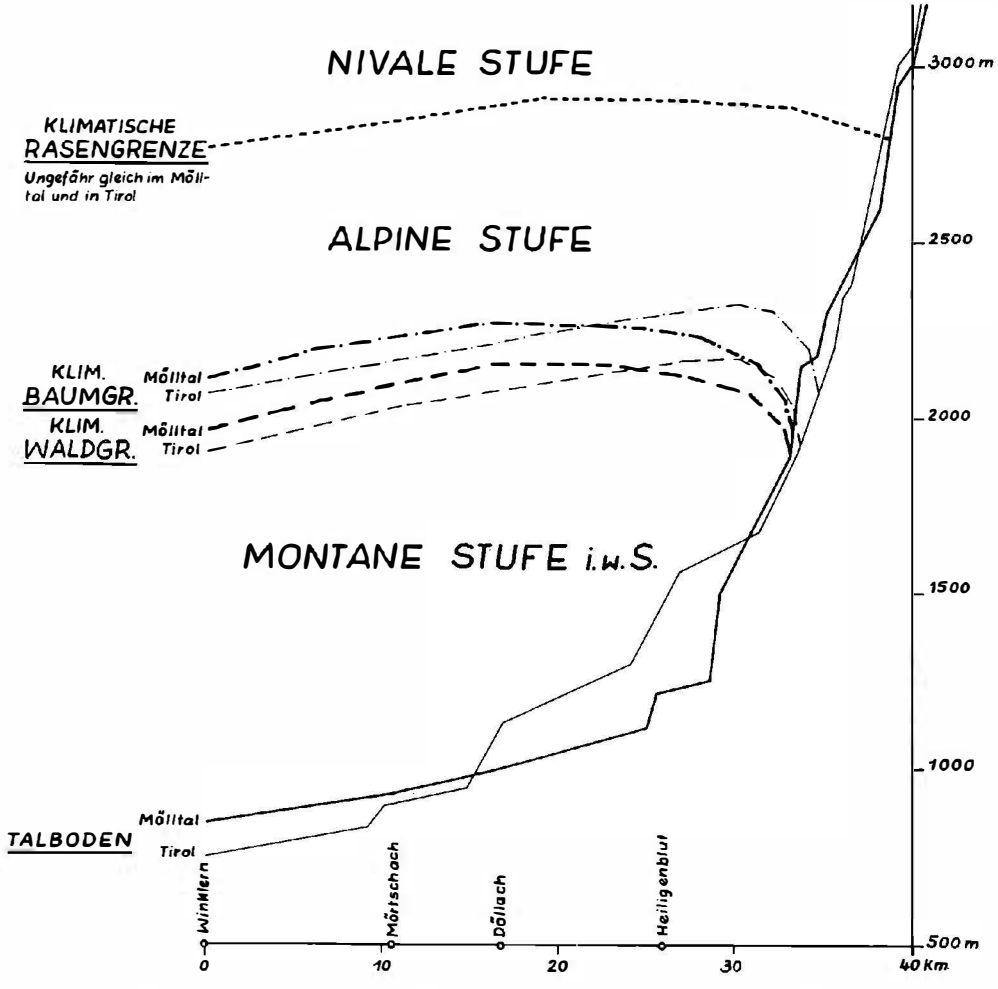



Abb. 1: Verlauf der klimatischen Wald- und Baumgrenze (sowie der nivalen Rasengrenze).

sicherlich eine Wirkung der TOLLNER'schen (TOLLNER, 1931) Gletscherwinde. Abb. 1 zeigt, daß dieser Abfall im Mölltal schon früher beginnt als in Nordtiroler Gletschertälern entsprechend dem besonders großen Pasterzenkees.

Menschen-verursachte Herabdrückung des Waldes wird in ihren meist erschreckenden Ausmaßen erst nach Kenntnis der genannten klimatischen Linien deutlich. Gerade im oberen Mölltal ist sie bedrohlich weit gediehen, und zwar wie fast stets vorwiegend an der Sonnenseite und weiter hinten im Talgrunde, wie gerade auch um Heiligenblut, wo der Waldgürtel mehrfach gänzlich durchbrochen ist.

Als obere Grenze der alpinen Stufe wird meistens die Firngrenze angenommen. Biologisch ist dies schon deshalb ein Unding, weil ja diese Linie überhaupt nur auf Gletschern existiert, nicht aber im bewachsenen Apergelände zwischen denselben. Da die alpine Stufe in unseren Alpen geobotanisch vor allem durch Rasen gekennzeichnet ist, in denen Horstgräser mit Strohtunika dominieren, reicht die alpine Stufe ihrem Wesen nach bis zu der Höhe der Rasengrenze, wo aus rein klimatischen Gründen die obersten Horste durch Polster- und Rosetten-*Chamäphyten* verdrängt werden. Sie liegt nach meinen Bestimmungen (Abb. 1) allgemein etwas tiefer als die heutige Firngrenze, aber im Mölltal ziemlich gleich wie in Nordtirol. Die alpine Stufe läßt sich weiters in eine untere, in der Zwergstrauchheiden, und eine obere, in der die Horstgrasheiden vorherrschen, untergliedern, eine Teilung, die aber gerade in den kontinentalen Inneralpen nicht so gut ausgebildet ist wie in den Alpenrandgebieten.

Oberhalb des ausgleichend wirksamen Waldes ist das Gelände ein und derselben Höhenstufe klimatisch in Bodennähe meist noch viel stärker differenziert, als die Unterschiede zwischen den Höhenzonen selber ausmachen. Dieser erstaunlich krasse Kleinklima-Wechsel kommt vorwiegend dadurch zustande, daß, wie schon öfters dargelegt (FRIEDEL, 1965), die gerichteten (vektoriellen) Faktoren Wind und Strahlung, die ja hier oben schon sehr verstärkt sind, auf die einzelnen Flächen des Kleinreliefs höchst unterschiedlich einwirken. Für unsere landschaftliche Vegetationskunde wird es einen entscheidenden Fortschritt bedeuten, sobald Wege gefunden sind (ohne viel Meßstellen und ohne langjährige Messungen), das multifaktorielle bodennahe Klima verläßlich kartenmäßig aufzunehmen (und zwar ebenso vom Boden wie vom Flugzeug aus). Ein Arbeitskonzept hiezu hat der Verfasser bereits mehrfach veröffentlicht (FRIEDEL, 1963). Es wird dadurch möglich, daß zwei entscheidende Faktoren sichtbar und daher unmittelbar kartierbar sind; die Ausaperungszeit (Andauer-Isochionen) und die Besonnungsdauer (Sonnenandauer-Isophoten) an Strahlungstagen (FRIEDEL, 1963). Die hiefür geschaffene Ötztaler klima-ökologische Forschungsstation der österreichischen Forstlichen Versuchs-Anstalt ist diesem hochwichtigen Ziele gegenwärtig bereits um einige Schritte nähergekommen.

## Zonation und Sukzession

Die krassen klimatischen Abstufungen bewirken, daß Pflanzendecken (am deutlichsten jene, die zu gleichem Entwicklungsgrad fortgeschritten sind, am besten voll ausgereifte Klimax-Gesellschaften) entsprechend tiefgehende kleinzonale Unterschiede aufweisen, zum Beispiel von Reiserheide zu einem Kriechgehölz und bis zu einer bloßen Moostundra. Allgemein bekannt und auch in unserem Gebiete ausgebildet ist die unteralpine Kleinzonenbildung (Alpenrosenheide *(Rhododendretum ferruginei)* – Moorbeerheide *(Vaccinietum uliginosi)* – Gemsenheide *(Loiseleurietum)* und der diese oberalpin vertretende Komplex: Hüllseggicht *(Elynetum)* – Krummseggicht *(Caricetum curvulae)* – Krautweidicht *(Salicetum herbaceae)*. Jedes Glied hievon ist als echteste Kleinklimax-Bildung aufzufassen. Solchen Zonationskomplexen stehen völlig andersartige gegenüber, die Sukzessionskomplexe.

Leben ist bestrebt, möglichst allen verfügbaren Raum zu besetzen, zuletzt in größtem Gedränge. Das geschieht, indem sich auf Neuland ersten Ansiedlern immer neue zugesellen, und danach auch, indem diese Pionierarten durch andere, immer standhafter siedelnde Arten verdrängt werden. Da hiebei am selben Hang in derselben Zeit je nach

Umständen ganz verschiedene Siedlungsstadien erreicht worden sind, finden wir oft Mosaike ungleichen Entwicklungsgrades dicht beisammen.

Unter den Blütenpflanzen ist Erstbesiedler allerorts in unserem Bereich bis etwa 2300 m hinauf der Quellsteinbrech *(Saxifraga aizoides)*. Höher oben haben wir zwei andere wesentliche Initianten: *Saxifraga biflora* und, wo keine Split-Streuung von Kalkglimmerschiefer hinreicht, der Gletscher-Hahnenfuß *(Ranunculus glazialis)*. Letzterer wird ja auch als einzige vorkommende Blütenpflanze am Großglocknergipfel immer wieder ausgerupft, setzt sich jedoch bald danach ebendort neuerdings hinauf. Reine Initialvegetation im angeführten Sinne kann gesetzmäßig große Flächen einnehmen und ist kartiert in der landschaftlichen Pflanzenkunde nicht weniger aufschlußreich als in der floristischen der abstrakte Volltypus einer artenreichen Assoziation. Auf einen weiteren Vorausreiter, der auf besonders großen Ödflächen als Alleinbewohner auftreten kann, *Saxifraga rudolphiana*, ist noch zurückzukommen.

Auf Initialvegetation folgen offene Pionierscharungen, dann geschlossene Interims-Gründecken und endlich ausgereifte Abschlußgesellschaften. Im Bereich des Kalkglimmerschiefers gibt es ganz einmalige solche Reihen. Dieses sonderbare zentralalpine Kristallingestein des Tauernfensters ist nichts anderes als eine Art Marmor mit vielen Glimmerplättchen durchsetzt, aus ehemaligen mergeligen Meeresabsätzen entstanden. Die beiden Bestandteile, Kalzit und Glimmer verhalten sich gegen wässerige und thermische Einwirkungen äußerst verschieden.

## Besonderheit des Kalkglimmerschiefers

Auf den Verebnungen der alpinen Stufe wie zum Beispiel der Trögeralm hat sich seit der Eiszeit über Kalkglimmerschiefer die ganze Vegetationsreihe von Erstpionieren bis zu Klimaxkomplexen abgewickelt. Dicke Bodenkrumen (Braunerden und Podsole) sind damit zugleich entstanden, und zwar durch Kalkweglösung im eingesickerten Niederschlagswasser und teilweise durch tonige Umwandlung des Glimmers. Dazu tritt die reiche Humusproduktion der Pflanzendecke.

Bei Nachgrabungen hatte ich schon 1935 ersehen, daß diese Lösungsvorgänge auf die verbliebene Felsunterlage richtige unterirdische Karren-Schratten-Felder mindestens in ihren Anfangsstadien, sowie andere Karsterscheinungen bewirkt haben, was für die Zentralalpen immerhin unerwartet war. Mittels Metallsonden kann man feststellen, daß die ganze riesige Lenke der Trögeralm ein einziges großes Karrenfeld in unterschiedlichen Ausbildungsstadien darstellt. Abb. 2 zeigt von dort eine Stelle in einem Krummseggen-Rasen *(Curvuletum)* infolge von langsamer Bodenabsenkung (wohl durch allmähliche Regenabwaschung), die unterirdischen Karren zutage gekommen sind. Diese Entdeckung führte mich zu der Auffassung, daß Karrenfelder überhaupt als unterirdische Korrosionsgebilde unter sauren Bodenschwarten ihren Anfang genommen haben und erst nachträglich freigelegt worden sind. Eine Entdeckung die seither vielfach übernommen und weiter ausgebaut worden ist.

Ganz anders in nivalen und subnivalen Höhen. Hier bildet sich mit dem fehlenden Rasen auch keine richtige Bodendecke mehr. Weiters reicht in dieser Stufe zur Kalklösung die Temperatur nicht mehr aus. Dafür arbeitet zwischen dem Kalzit- und dem Glimmerkorn die Frostsprengung im Gestein, was eine Felslockerung in grusig-sandiger Größenordnung ergibt (Abb. 3). So entstehen die Bratschen. Es sind weitläufige Mürbfelsfluren. Man kann auch über die steilen unter ihnen mit Steigeisen emporkommen. Notfalls sind mit einem guten Eispickel Stufen zu schlagen (Abb. 4). Die Bratschen machen meistens zunächst einen ganz toten, wüstenhaften Eindruck. Hier gibt es nicht mehr den Unterschied zwischen adnaten Felsflächen- und radikanten Felsspalten-Bewohnern, dafür aber winzige Spältchen-Wurzler *(Chasmatiophyten)*, vor allem wenige Millimeter hohe Rosettchen von *Draba hoppeana* und *Draba fladnitzensis*, die man gewöhnlich überhaupt erst beim Niederbeugen entdeckt. Dazu noch winzige Exemplare von Moosen (besonders *Encalypta*-Arten) und Flechten (besonders *Dactylina-*

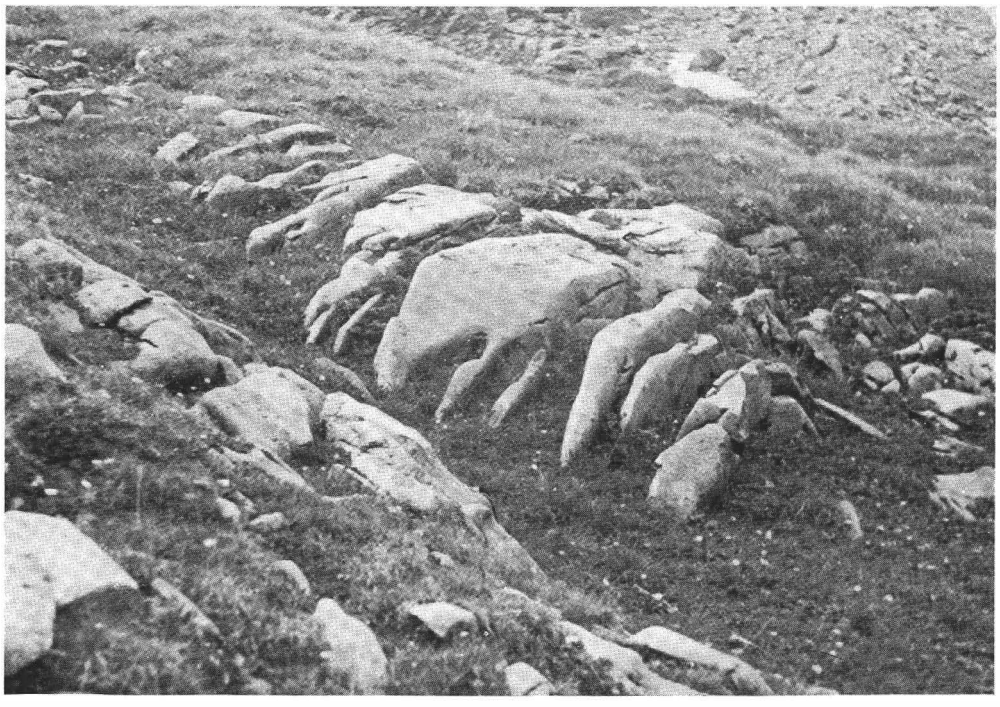


Abb. 2: Im Krummseggicht nahe der oberen Rasengrenze zutage tretende Kalkglimmerschiefer-Karren.

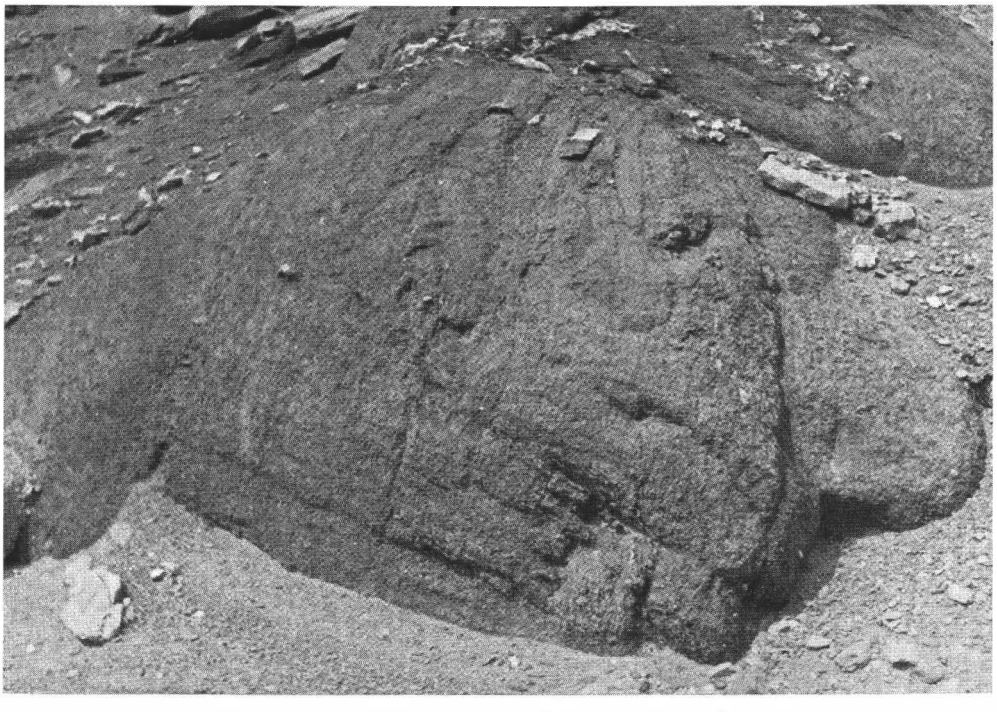


Abb. 3: Windgerundeter Mürbfels von Kalkglimmerschiefer (Foto Treven).

Abb. 4: Aufstieg in steilen Bratschen des Fuscherkarkopfs mittels Steigeisen.

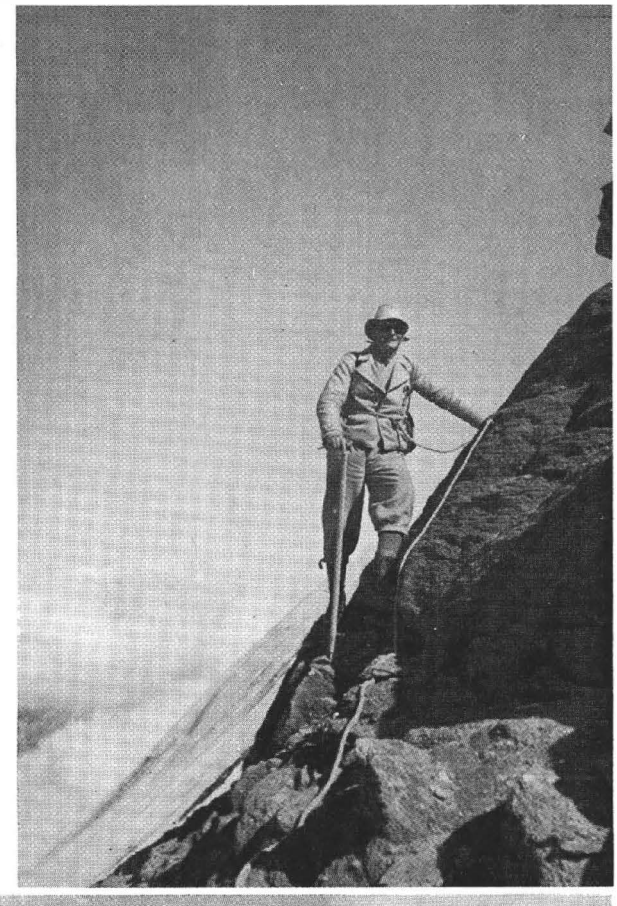


Abb. 5: Windgerundeter Bratschengipfel des Sinnewellecks.

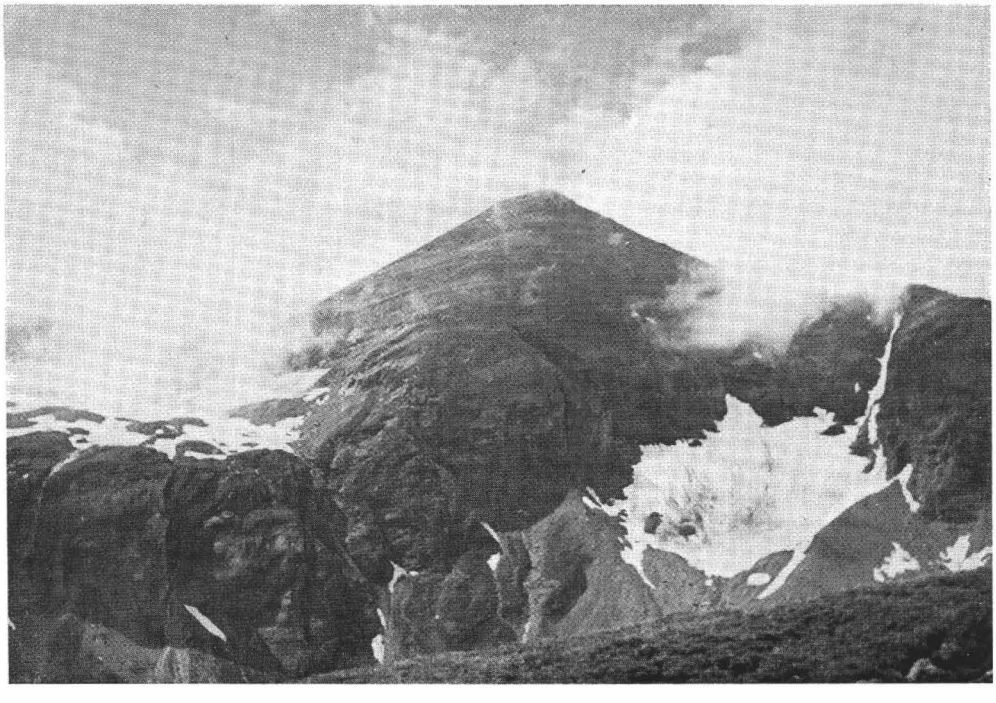




Abb. 6: Flugsandabsatz auf einem Altschneefleck des Gamsgrubenkars (Foto Stipperger).

Arten). Die sonderbar großflächige Glattheit, die an Berggestalten wie dem Fuscherkarkopf und dem Sinewellcck (d. h. das sehr runde Eck) jedem in die Augen springt, kommt dadurch zustande, daß dieser Mürbfels bei Sturm durch sein selbst geliefertes Sandstrahl-Gebläse abgehobelt wird (Abb. 5). Dabei sammelt sich das Grobkorn zu Füßen des Berges (Abb. 6), während das feinere je nach Korndurchmesser in verschieden weite Ferne fliegt. Im ganzen ist dies ein Kleinmodell jener Vorgänge, welche in kontinentalen Interstadien der Eiszeit in den Quellgebieten der Lößbildung vor sich gegangen sein müssen (FRIEDEL, 1951), wobei allerdings hier wie damals auch nackte Moränenfluren und Moränenschwemmfluren als Ausblasungsgebiete dazugekommen sind.

Der Flugsand setzt sich in den kleinen Stillräumen zwischen den Rasenhalmen, zum Beispiel der Gamsgruben-Hänge, ab zu meterhoher Mächtigkeit oder er häuft sich in windstillen unbegrünten Mulden an, wie hinter den genannten Gamsgrubenpleißen im Gamsgruben-Kar oder im Kapuzinerkar. Die einzige Rasenart im Glimmerkalk, welche ständige Bodenerhöhung durch Flugsand aushält, deren meterlange Wurzeln unten absterben und oben sich erneuern, ist ein moos- und flechtenloser, steppenhafter Schwicken-Rasen (ein nacktes *Seslerietum coeruleae*), mit viel *Thymus trachselianus*, *Erysimum pumilum*, mit *Artemisia borealis*, *Carex verna*, *Viola rupestris v. arenaria* u. a., von denen bezeichnender Weise mehrere Arten tief unten in den Halbsteppen um Heiligenblut wiederkehren. Vorzugsstandorte im dichten Gamsgruben-*Coeruletum*, in dessen vorübergehenden kleinen Rasenlücken nämlich, welche regelmäßig durch Absterben einzelner Grashorste entstehen, haben *Draba aizoides* und *dubia*, *Sedum alpestre*, *Doronicum glaziale*, sowie die beiden Gamsgruben-Berühmtheiten *Braya alpina* und *Voitia nivalis*. Neben das abartige, aber geodynamisch höchst bemerkenswerte Schwickicht tritt in vollbegrünten Schneemulden ein eigenartiges hochrasiges *Caricetum curvulae ssp. rosae* hinzu.

Alleinige Initianten in den wüstenhaften Flugsand-Mulden bilden weithin die sonderbaren graugrünen Panzerplatten der *Saxifraga rudolphiana* (Blaupolster-Steinbrech), in etwas fortgeschrittenem Bewuchs noch andere dichte Polsterpflanzen und vor allem die

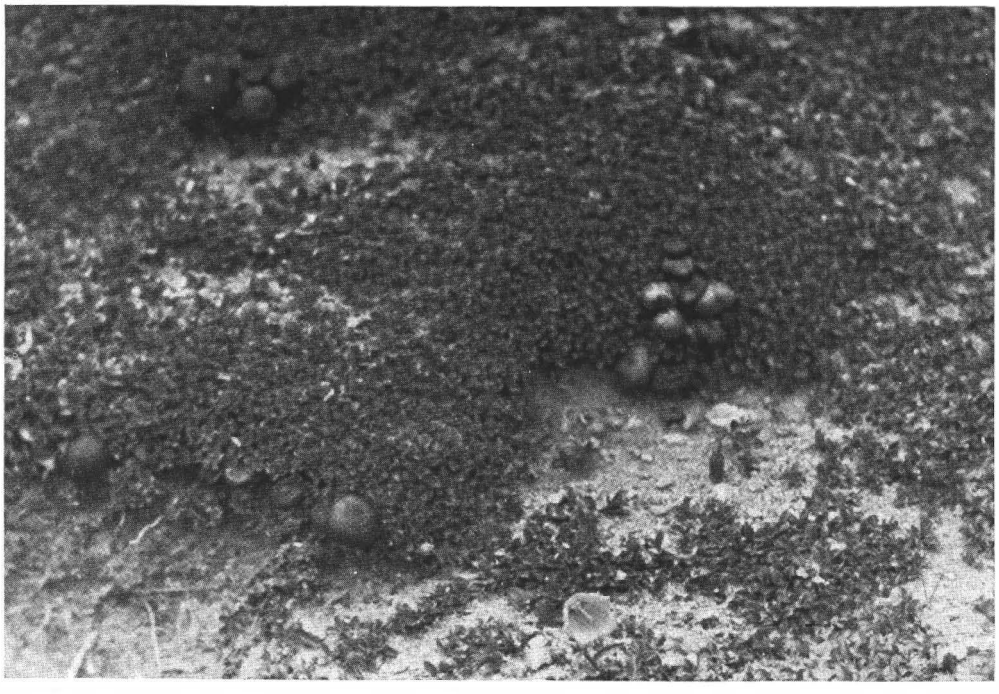


Abb. 7: Altes, mehrere Meter großes Exemplar von Quendelweide aus der Gamsgrube, teilweise schon absterbende Zweige, mit Mykorchiza-Pilz. Alter bei mikroskopischer Jahresringzählung ca. 130 Jahre.

ebenso dichten winzigblätterigen, mehrere Meter großen, oft bis weit über 100 Jahre alten Kriechgehölze von Quendelweide, *Salix retusa ssp. serpyllifolia* (Abb. 7) mit entsprechenden Polster- und Spaliergästen an. Man darf wohl annehmen, daß es hier im Tauernfenster war, wo sich in junger geologischer Zeit aus *Saxifraga biflora* die *ssp. rudolphiana*, aus *Salix retusa* die *ssp. serpyllifolia* und vielleicht auch als Begleiter aus *Carex atrata* die *ssp. nigra*, aus *Carex ornithopoda* die *ssp. ornithopodioides*, aus *Carex ericetorum* die *ssp. approximata* entwickelt hat.

## Besiedlung des Gletschers und Glocknergipfels

Um noch einige wichtige Vegetations-Besonderheiten zu verstehen, muß kurz noch einiges vom Gletscher gesagt werden. Aus seinem riesigen Firnbecken strömt – unter anderen ersichtlich an der sogenannten Mittelnaht oder Firnmoräne – eine deutlich zweiteilige Zunge, rechts und links (auch in ihren geobotanischen Wirkungen) völlig verschieden geartet. Auch das Firnbecken hat seinen Doppelbau. Es zieht sich weitläufig und trügerisch flach zurück zu zwei schönen Firnsätteln, den Ödenwinkelscharten, die sich dann plötzlich jenseits als Steilabstürze entpuppen.

Zwischen diesen beiden drängt nun aber der Johannisberg seine runde Vorderseite weit in das hiedurch zweibuchtige Firnbecken vor. Überdies steht dem Johannisberg umgekehrt eine in die Hochfläche weit hineingeschnittene, zur Zungenwurzel hinab wild gletschereisüberströmte Abtiefung gerade gegenüber, der Hufeisenbruch, wodurch in der Mittellinie zwischen diesem so bezeichnenden Trog und dem vorgenannten riesigen Bauch nur eine schmale Firngalerie übrigbleibt. Beiderseits von ihr führen aber die mächtigeren Eisströme aus den beiden Buchten hinab und im Grunde des Hufeisenbruches zusammen.

Die eigenartige Firnnaht ist nun leicht zu erklären. Die Winterstürme tragen den Schnee vom Firnfeld hinab in den Lee-Raum im Hintergrund des Hufeisenbruches, wo tief unter der übrigen Firngrenze ein neues kleines, übersommerndes Schneefeld, sozusagen ein subnivales Sekundärfirnfeld, entsteht. Die beiden zusammenkommenden Ströme aus den beiden höheren Gletscherbuchten drängen seinen Firn weiter außen zu einem schmalen Streifen zusammen und führen ihn in der Zunge mit sich, wobei er zu der langen Firnmoräne ausgezogen wird. Durch diesen Ursprung aus einem vom Wind gletscherauswärts vorgeschobenen Teil des Pasterzen-Nährgebietes muß diese Firnmasse in ihrer Korn-Metamorphase gegen das Nachbareis zurückbleiben.

Zu den symmetrischen Eigenheiten der Pasterze gesellen sich scharf gegensätzliche Eigenschaften der beiden Teilströme. Sie beruhen darauf, daß besonders das Firnfeld seitlich höchst verschieden begrenzt ist. Während rechts der Glocknerkamm aufsteilt, der langzeitig seine Schlagschatten wirft und von seinen Felsmassen für die linke Teilzunge (und nur soweit sie vom Glocknerkamm herkommt) reichlich Moränenmaterial abwirft, hat die langbesonnte linke Firnfeldflanke eigentlich überhaupt keinen Grat (sondern nur eine Abflußscheide des Firns) als Grenze und damit gegenwärtig keinen Aufbau, aus dessen Eis Obermoränen zutage treten könnten.

Die Schneefläche des Sekundär-Firnfeldes im Hufeisenbruch fand ich in den Sommern 1933 und 1936, als es noch besser entwickelt war, leise grünlich überhaucht. Es hat sich herausgestellt, daß es ein Überzug von einer grünen Schneealge war, der zeitweilig auch noch ein Stück die Firnmoräne hinausgereicht hat. Ich habe die mikroskopischen Pflänzchen (freilich nicht mit genügender Sicherheit) als *Scotiella nivalis* bestimmt.

Der moränenfreie Zungenteilstrom wird zwar immer wieder von den Bratschen und Eisrückzugsflächen her sandüberweht, aber anscheinend auch immer wieder in die Spalten hinein reingewaschen. Die geringmächtigen Obermoränenzüge der rechten Teilzunge dagegen genügen für eine Initialbesiedlung über fließendem Eis durch *Saxifraga biflora* sowie durch *Ranunculus glacialis*, je nach Herkunft des Moränenstreifens. Viele Steinblöcke tragen hier auch schon eine Moosbesiedlung vorwiegend von *Dicranoweisia crispula*. Anders wie der linke Teilstrom erhält der rechte eine Bestreuung durch schwarzen Kryokonit, der hauptsächlich aus Detritus von Nabelflechten besteht, welcher von den dichten *Umbilicarieten* des Glocknermassives stammt. Von diesen beherrscht neben dem *Rhizocarpetum alpicolae*, die *Umbilicaria virginis* den Glocknergipfel. Der überwiegend organische Kryokonit, der von der Seite des Glocknerkammes stammt, bewirkt, daß rechts im Vorfeld schon gleich direkt am Eisrand, soweit er zutage tritt, als pflanzliche Erstbesiedler Pilzhyphen auftreten, wieder ein Zeichen von der Eroberungskraft pflanzlichen Lebens. Auf die eben angeführte häufige Tatsache wurde ich durch H. Horak mündlich aufmerksam gemacht. Sie hat sich an der Pasterze leicht wiederfinden lassen.

Da sogar der bewegte Gletscher seine Pflanzenbesiedlung aufweist (in den Kordilleren ja sogar auch Baumwuchs), da, wie gesagt, in unserem Falle sowohl der unruhige Zungenschutt als auch der Hufeisen-Altschnee und die Bodenlinie an der Gletscherstirn (Initialmyzelien) Lebenswohnraum sind, erhebt sich die Frage, ob auf Pasterzenland größere Toträume überhaupt vorkommen.

## Totflächen des Gebietes

In ersten Ausaperungsstreifen nahe der Adlersruhe konnte ich seinerzeit allerdings in 3400 m weder mit der Lupe noch in Kratzproben unter dem Mikroskop irgend etwas Lebendiges entdecken. Das sind jedoch nur ganz schmale Geländestriche. Auch schon an ganz frisch gletscherbefreiten Bratschenrändern in 3100 m am Breitkopf waren bei feuchtem Wetter schleimige Blaualgenhäutchen als Bodenüberzüge zu finden. Die höheren Initialpflanzen folgen also oft erst viel später nach und zwar auch nicht etwa immer Kräuter. Unter anderen Umständen sind es Moose oder Flechten.

Von größeren Totflächen waren im Apergebiet nur zwei aufzuspüren. 1. Ganz plötzlich in ein und demselben Jahr 1934 war am Schwerteck in 3150 m ü. M. eine riesige Ebenfläche, die ich mir als ihr seinerzeitiger Entdecker „Schwertboden" zu nennen erlaube, ausgeapert (Abb. 8). Sie besitzt eine Ausdehnung von etwa 30 ha. Diese eigenartige Fläche ist leicht eingemuldet, mit Sand und Grus bedeckt und hat in ihrer Mitte einen Eissee, der von winzigen, aber regelmäßigen Strandterrassen umgeben war. Noch 1936 fand ich dort keine Spuren von Pflanzen, abgesehen von einigen ganz wenigen Algenfäden im Seewasser. Wie die ganze Sache heute aussieht, entzieht sich meiner Kenntnis.

2. Der andere Fall ist eine Felswand von seinerzeit etwa 19 ha in der Horizontalen und ungefähr 23 ha in der Schrägen. Sie liegt etwas unterhalb vom Ende des kurzen Teufelskar-Kamps und wäre am sprechendsten „Teufelswand" zu nennen. Über sie

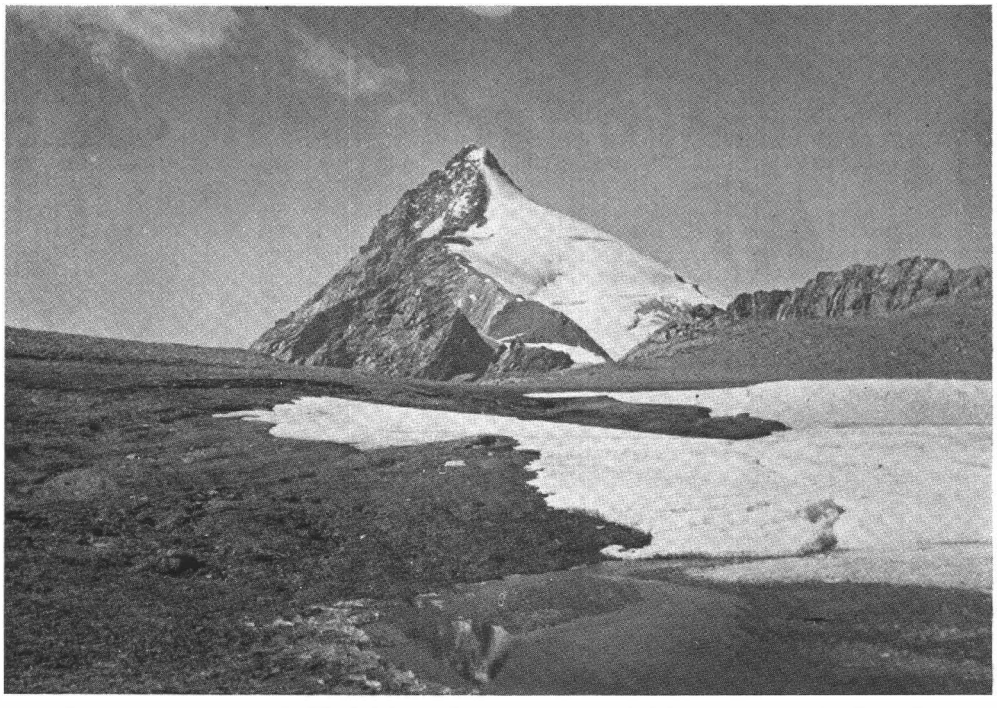


Abb. 8: 1934 eisfrei gewordene ca. 30 ha große Ebenfläche des „Schwertbodens" in 3150 m (Aufn. Friedel, 1936).



Abb. 9: „Teufelswand" unterhalb des kurzen Teufelskar-Kamps mit noch weithin ziehenden Firn-Absturzwänden im Jahre 1936.

schiebt sich im Laufe des Jahres die Schnee- und Eismasse der oben anschließenden Firn-Sanftfläche (zum Teil mehrere Meter weit) vor. Hauptsächlich im Spätherbst und meistens spät nachmittags und nachts brechen sie oft in mehreren Teilvorgängen ab und stürzen über die bis 200 m hohe Wand in die Tiefe (Abb. 9 und 10).

Ein solches Ereignis (sicher eines der schwächeren von ihnen) erlebte ich, in sternklarer Nacht vor der etwa 4 km entfernten Hofmannshütte sitzend, am 26. September 1934 um 21 Uhr. Zuerst wurde es einen Augenblick lang blitzartig hell von einem mir grünlich-blau vorkommenden Lichtschein. Nach mehreren Sekunden kam, gefolgt von einigen weniger starken Schlägen, ein schmerzend lauter Krach, der ähnlich fernem Donnergrollen auch in Heiligenblut gehört worden ist. Wenige Minuten danach kam mitten in die Windstille ein einziger kurzer Sturmstoß, dicht mit feinstem Eisstaub beladen. Für die mir besonders erstaunliche Luminiszenz-Erscheinung habe ich noch in derselben Nacht bei geschlossenen Fensterläden und vollkommen dunkel-adaptiertem Auge einen jederzeit wiederholbaren Modellversuch angestellt. Das schnelle Brechen eines Stückes Würfelzuckers ergibt einen ähnlichen, aber natürlich ungleich schwächeren Schein. Ein Vergleich der Oberflächen-Gestaltung vor und nach dem Sturz ergab mir, daß es mindestens 65000 m³ Sturzmasse gewesen sind. Von ihr blieb erstaunlicherweise ein etwa plattenartig gestalteter, mehr als Eis, denn als Firn anzusprechender Block von etwa 3500 m³ ganz und fuhr auf einer wohl 30 m breiten Rutschspur über die Gletscherrampe hinter dem Kleinen Burgstall abwärts (Abb. 11).

Um 1930 hatte die gletschereinwärts vom Großglockner gelegene Eissturzzone eine Länge von etwa 2,1 km, heute nur noch von 0,9 km. Zu Zeiten der Gebrüder Schlagintweit waren es nach deren Bemerkungen und Zeichnungen mindestens 8 km, nämlich vom Eiskögele mit nur unbedeutenden Unterbrechungen bis zur Stirn des Äußeren Schwerteckkeeses. In der beigelegten Kartenzeichnung ist diese lange Kette strichliert angedeutet. Die senkrechten, deutlich geschichteten Abbruchwände des Eises über der „Teufelswand" sind heute 60–90 m hoch, waren in Hochstandszeiten jedoch sicherlich bedeutend mächtiger. Wenn die Heiligenbluter das Eis stürzen hörten, sagten sie: „Es klockt." Diese Klockwände sind zweifellos heute noch, besonders aber ehedem eine auffallende und kennzeichnende Eigenheit des Glocknerkammes. Der Name Glockner hängt bestimmt nicht mit einer Glocke zusammen, sondern gemäß seiner ursprünglichen Lautung „Klocker" mit diesem Klocken zusammen. Im Frühsommer 1936 wagte ich es, frühmorgens einige Stunden in die Teufelswand einzusteigen, um nach Lebensspuren zu suchen. Es war nichts davon zu finden, nichts an Felsflächen, nichts in Felsritzen und ebensowenig auf dem spärlichen Lockermaterial. Offenbar hat die Behämmerung mit klockendem Eis das bewirkt.

## Hochalpiner Wild- und subalpiner Almrasen

Allgemein reicht sonst bis zu den höchsten Apergipfeln der Alpen, wie auch auf unseren Glockner, der bekannte Lückichtüberzug von Kleingewächsen. Wo und wie aber beginnt weiter unten das eigentliche Grünland? Nun, die Zungen der größeren Talgletscher strecken sich nicht nur in Vorstoßzeiten, sondern auch heute noch in die grünen Gehängemäntel hinunter, die fast immer unseren Bergen wenigstens bis zu ihren Achseln reichen. Die Zungen der Talgletscher werden also gewöhnlich auch heute noch (oberhalb der noch ziemlich öden Ufermoränen) bis nahe an die Zungenwurzel hinauf von Grünland, den „Hintergraseln" (Gams), begleitet, die freilich manchmal schon recht schwer zugänglich sind. Diese grünen Rockschöße hat auch die Pasterzenzunge. Sie reichen ihr links (sonnseitig) weit vor bis zum Wasserfallwinkel, rechts aber nur noch bis zum Kellerwand-Kamp.

Aber die Pasterze hat noch mehr. Bis in den Hufeisenbruch hinein hat sie scharf abgegrenzte kleine Raseninseln. Gegen seinen Abschwung zu, nahe dem Rand der Firnfeld-Hochfläche beschleunigt natürlich der Eisüberzug immer mehr seine Fließgeschwindigkeit und darum die Erosionskraft an seinem Grunde. Dabei sind bekanntlich drei weiter rückwärts und höher gelegene Ebenflächen ehemaliger Firnfeldlage stehengeblieben, die Burgställe. In Hochstandszeiten sind sie alle als Aperinseln (Nunataker) im umschließenden Eisfeld gestanden, heute ist es nur noch der Kleine Burgstall (Abb. 12). Gerade er trägt eine scharf begrenzte Raseninsel. Die Dachflächen der beiden

Abb. 10: Dieselben Eisbrüche wie Abb. 9 mit vollständig unbelebten Felsen. Aufnahme nach einem Eissturz 1934
(Foto Schildknecht).



Abb. 11: Rutschbahn eines Eisblockes vom Gletschersturz am 26. 9. 1934.
(Foto Schildknecht).

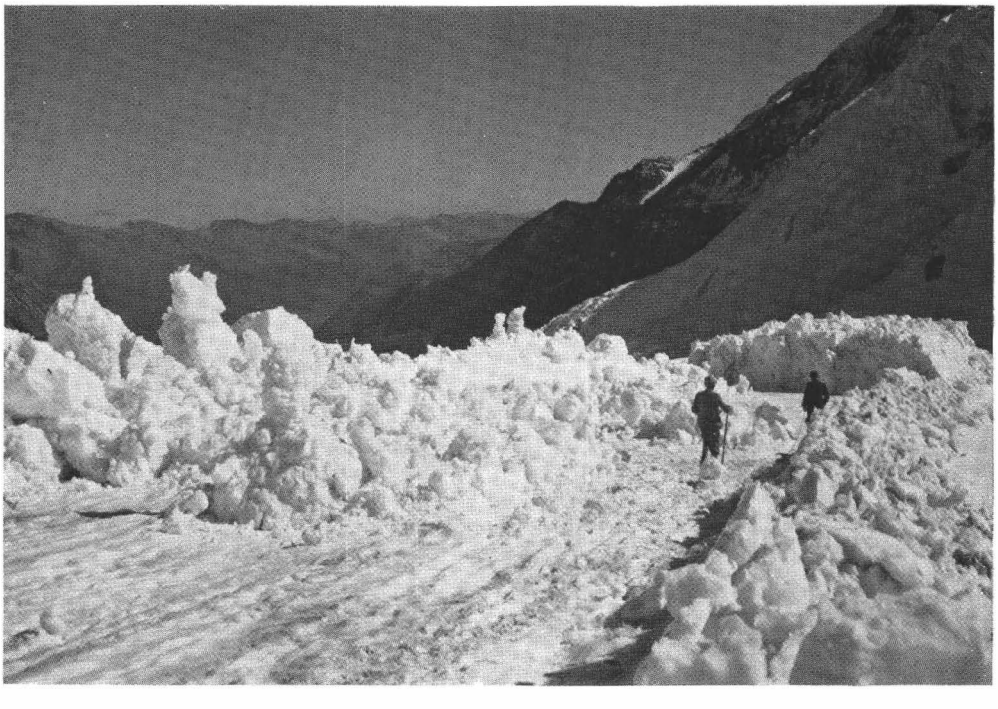




Abb. 12: Kleiner Burgstall mit dem vom Gletschervorstoß übriggelassenen alten Elynetum-Rasen (Foto Treven 1935).

anderen sind heute Bratschen. Es ist ein eigenartiges Erlebnis, in dem blumenreichen Rasen des kleinen Burgstalls zu liegen, ringsum wilde Gletscherbrüche (Abb. 13).

Ähnliche Raseninseln liegen unter den beiden andern Burgställen an der linksseitigen Aperstufe des Hufeisenbruchs, weitere drei an den Fußabsätzen der Kampe und schließlich über jeder von diesen letzteren höher oben je eine steilere im Lee der Felskanten. Sie alle sind geobotanisch aber nicht als Wiesen zu bezeichnen, sondern als Horstgrasheiden. Mit Almen haben sie nichts, gar nichts zu tun. Wir befinden uns ja in der Nähe der klimatischen Rasengrenze. Zu den Almen müssen wir hinabsteigen in die Höhe der klimatischen Waldgrenze. Der Hauptsitz der Almen ist gemäß zugehörigen Pflanzengesellschaften keineswegs alpin. Er ist vielmehr dort gelegen, wo vor Jahrhunderten noch der von Natur aus aufgelichtete Baumwuchs zwischen Wald- und Baumgrenze gewesen ist, also fast durchwegs subalpin. Das gilt auch von dem weithin größten Almenreich, jenen im Vorland unseres Pasterzengletschers. Es trug früher den Sammelnamen Pasterze, den es erst durch die Touristen dem Gletscher abtreten mußte.

Nicht nur Baum- und Krummholz mußten vertrieben werden, damit die heutigen Almen entstehen konnten, sondern auch die Reiserheiden, die hier beheimatet sind. Im Falle der Pasterzenalmen war hier teilweise allerdings von Anfang an ein steppenverwandter Rasen, das *Festucetum durae*, die Hartschwinglgesellschaft (mit *Cobresia bipartita*, *Carex fuliginosa*, *Viscaria alpina*, *Lomatogonium carinthiacum*, *Oreas martiana* u. a.). In zugehörigen Rasen-Kleinlücken findet sich hier unter anderem ein Flechtenverein, der sich sogar in Wüsten wiederfindet (das bunte *Toninietum coeruleo-nigricantis*).

Von alldem bestehen aber nur noch kleine Reste. An ihre Stelle ist die Almvegetation getreten, auch sie regelhaft um die Almhütten herum aufgebaut, aber ohne klar bestimmbare Grenzlinien: Abseits die Maißen (Hochmähder, Heuplanggen) mit ihren Tristplätzen (Foißen). Gegen innen zu die noch guten Weiden (Mutten), näher den Almhütten die schlechten Fax-Rasen (besonders *Nardetum*) und umzäunte Düngewiesen *(Bointen)*,

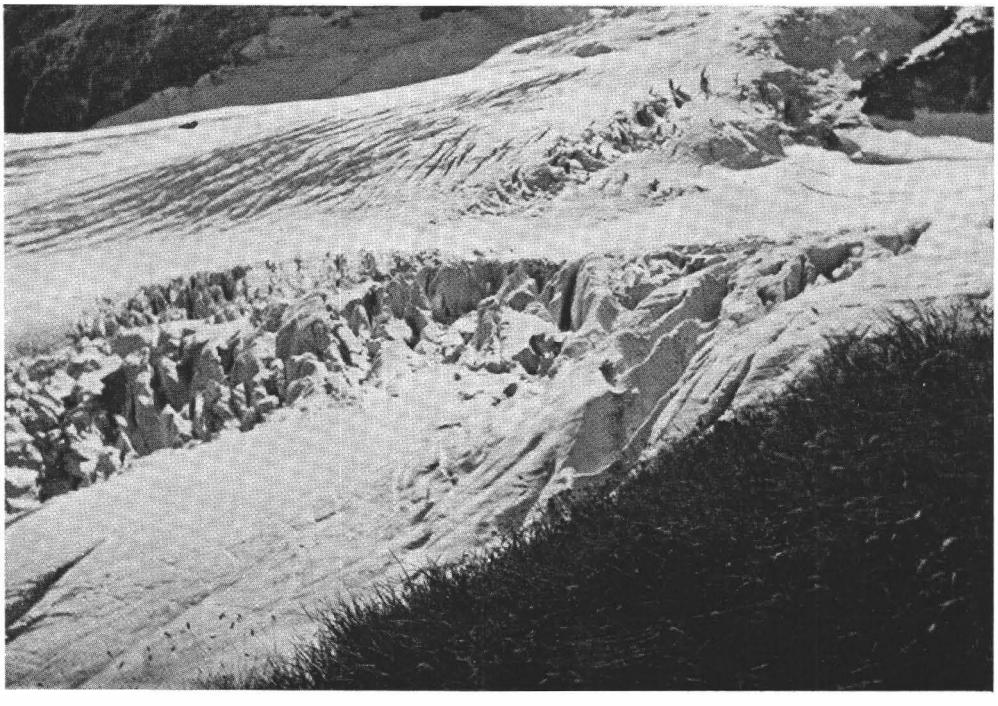


Abb. 13: Blick vom Rasen des Kleinen Burgstalls gegen den Eis-Abfluß aus dem Glocknerkar.

um die Hütten selbst herum zuletzt die mistbesiedelnden Schmalzen *(Rumiceten)* und den jauchigen niederen Nötsch-Rasen *(Poetum variae)*.

Unser Rundgang durch das Untersuchungsgebiet ist beendet. Die herangezogenen Eigenheiten seines Untergrundes und seines Gletscherraumes umschreiben nur einige wenige Seiten des Areals. Daher können auch die Folgerungen für seine Pflanzenwelt in ihrer landschaftsprägenden Rolle nur einige ihrer Hauptzüge beinhalten. Sie bilden sozusagen erst den Hintergrund und Rahmen ihrer vegetationslandschaftlichen Darstellung, auch dies noch mit beachtlichen Lücken. So wird nur der Stand der Dinge von ungefähr 1935 behandelt, ohne die zum Teil tiefgehenden Veränderungen seither. Darunter wurden gemäß der vereinbarten Arbeitsteilung die Sukzessionen im Gletscher-Rückzugsbereiche speziellen Autoren überlassen. Fast ganz unberücksichtigt blieb die inzwischen größtenteils zerstörte Naßvegetation sowie die Felsvegetation, in welcher ich die benötigte landschaftliche Komplextypisierung zwischen dem Bewuchs der Felsflächen und den der Felsspalten noch nicht zustande gebracht habe.

In dem gegebenen engen Rahmen weniger Seiten mehr zu bringen ist aber auch schlechterdings unmöglich. Daher blieb nur die Möglichkeit, die wesentlichen Kleinlandschaften der Vegetation des Glockner-Pasterzen-Gebietes in der folgenden Übersichtsliste und der beigelegten farbigen Übersichtskarte.

Zu ihrem Verständnis muß nochmals betont werden: Die angeführten Kleinlandschaften sind zunächst einfach durch die jeweils flächendominanten Pflanzen-Gesellschaften ausgeschieden, ohne die sie begleitenden zahlreichen Mit-Assoziationen. Die Assoziationen selber wiederum sind zunächst nur durch ihre dominanten Arten umschrieben. Die vollen Assoziationsgarnituren und deren volle Artengarnituren sind bis zu einem gewissen Maße bereits aus der früher erarbeiteten Monographie und Kartographie zu entnehmen.

Doch muß nochmals gesagt werden: Hier wie dort bedeutet die Endung – etum (im Deutschen – icht) keineswegs, wie gewöhnlich, floristisch definierte und so zu abstrakten Typen erhobene Einheiten. Es sind vielmehr ebenfalls nichts anderes als die Zusammenfassungen der im Gebiete vorhandenen und mehrfach wiederkehrenden Artdominanzflächen wie sie in Wirklichkeit zunächst für eine großmaßstäbliche Kartierung ohne theoretische Voraussetzungen benötigt werden.

Schematische Übersicht über die

## Vegetations-Kleinlandschaften des Pasterzen-Gebietes

gekennzeichnet hauptsächlich durch die jeweils flächendominanten, landschaftlich gefaßten Pflanzengesellschaften

rechte Talseite — linke Talseite

### A) Pasterzental

(Oberes Mölltal, Niederer Sattel bis Pasterzen-Firnfeld)

#### I) Vom Niederen zum Hohen Sattel

*Leiterkopf-Hänge bis Schwerteckkeese*
*hochmontan*

inselhafte Reste von Lärchen-Fichten-Wald in der näheren Umgebung der Angerer-Alm (mit dem kleinen Angerertrog-Moor) am Leiter-Zipf

*subalpin*

a) Latschen- und Luttern-Inseln der Möllschlucht-Hänge, von der haarigen Alpenrosen-Ges. dominiert und von Rotschwingel-Rasen (Festucetum rubrae ssp. commutatae). Durschenwand bis Margaritzen-Zipf
b) Almrasen unter dem Langen Ofen, vorwiegend aus Hartschwinglicht umgewandelt in Rotschwinglicht wie auf der Sturmalm (s. d.)

*unteralpin*

a) ausgedehnte Gemsenheide (Loiseleurietum)-Lenken der Roßalm
b) große Stutzweidicht- (Salicetum retusae)- beherrschte Halden im Bereich des ehemaligen Pasterzen-Eissees
c) Leiten von Rhododendr. ferrugineum mit viel Salix helvetica der Ochsen-Thir

*oberalpin*

a) Hüllseggicht (Elynetum)-dominierte Pleiße am Seble-Trog mit überstehenden Quendelweide (S. retusa ssp. serpyllifolia)-reichen schrofigen Halden
b) Schwickicht (Seslerietum coeruleae)-dominierter schrofiger Oberhang am Vorderen Leiterkopf

*subnival*

Bratschen-verwandte Polster-Vegetation der Schrofen und Bretter am Grat und unter dem Mittleren Leiterkopf

*Albitzen-Hänge bis zur Sturmalpe*
*hochmontan*

inselhafte Reste von Lärchen-Fichten-Wald in der nächsten Umgebung der Sattelalm

*subalpin*

a) Latschen- und Luttern-Inseln im Zwerggesträuch oder Almrasen mit einzelnen Lärchen und Zirben. Vom Leiter-Zipf bis an die Bösen Platten
b) Rostseggicht (Festucetum ferrugineae)-beherrschte Naturwiesen auf Leiten und Schrofen bis zur Kramerbrett-Lenke unter dem Glocknerhaus

*unteralpin*

a) Globularietum cordifoliae- und Daphnetum striatae-besetzte Leiten (auch mit Rhod. hirsutum) unterhalb vom Albitzenkopf
b) Besenheide (Callunetum)-Planggen und entspr. Kleinpleißen an den Fenster-Schrofen, sowie an der Wiesel- u. Schine-Wand
c) Schönschwinglicht (Festucetum pulchellae) u. a. Mähder der unteren Albitzen-Leiten

*oberalpin*

a) Seslerietum coeruleae (Schwickicht)-Planggen z. T. in halbschürige Hochmähder umgewandelt, an dem oberen Albitzen
b) Coeruletum-Rasen auf kleinen Flugsand-Pleißen an den Schwellen zur großen Albitzenkar-Bucht (Marxkragen und Zlineck)

*subnival und nival*

a) Saxifraga rudolphiana-Sillen der Albitzenkar-Bucht
b) Bratschen der Sonnseite des Gratbogens Wasserradkopf – Racherin – Albitzenkopf

#### II) Vom Hohen Sattel bis zum Pasterzen-Grossbecken

1) *vom Ruepitsch-Bichl bis zur Schlucht des Tiefentals*
(unterhalb des Schwertkopfes)

*unteralpin*

Vom Rost-Zetticht (Rhododendretum ferr.) beherrschte Schrofen und Felsplanggen der Grünthir-Einhänge zum Unteren Keesboden

1) *Vom Grünwand-Eck bis zur Grenzpleiße unter dem Freiwandkopf*
(Erster Hangteil a. d. Gl.-Zunge)

*unteralpin*

Gemsenheide (Loiseleurietum)-bestimmte Pleiße auf dem Grünwandeck

| rechte Talseite | linke Talseite |
|---|---|
| *oberalpin*<br>a) Krummseggicht (Caricetum curvulae)-beherrschte schrofige Pleiße am Ruepitsch-Bichl und Schwickicht (Coeruletum)-dominierte Schwemmschuttflur ebendort<br>b) Schwickicht-, Hüll- und Krummseggicht-Komplexe auf Schrofenhalden und schrofigen Felsfluren Pasterzental-einwärts anschließend<br>c) Hüllseggicht (Elynetum)-dominierte Inselplanggen als hochalpine Lee-Rasen im Leiterkopfkar und am Äußeren Schwerteckkees | *oberalpin*<br>a) Krummseggicht (Curvuletum)-beherrschte Pleißen der Franz-Josefs-Höhe und der Grenzpleiße sonnseitig unter dem Freiwandkopf<br>b) geschlossene, vom Alpenmerlicht (Agrostetum alpinae)-beherrschte schrofige Planggen zwischen den beiden genannten Pleißen<br>c) offene, kalkfreie Halden, meist mit Säuerlicht (Oxyrietum) und Braunsimsicht (Luzuletum spadiccae) zusätzlich der hochalpinen Alpenmerlicht-Felsflur |
| *subnival*<br>a) Polsterböden auf der Dachfläche des Schwertberges (unterhalb Schwertkopf)<br>b) Bratschen vom Hinteren Leiterkopf bis zum Schwertkopf | *subnival*<br>Aretia alpina-gekennzeichnete Grat-Felsflur am Freiwandkopf |
| 2) *Gehänge unter dem Inneren Schwerteck-Kees* (vom Tiefental bis zum Kellerwand-Kamp) | 2) *Freiwand-Gehänge vom Freiwandkopf bis zur Freiwandscharte* (d. i. die Chloritschiefer-Strecke) |
| *oberalpin*<br>a) kalkfreie, schrofige Felsflur mit ausgedehnten echten (Krummseggicht) Curvuletum-Felsplanggen<br>b) kalkfreie, schrofige Säuerlicht (Oxyrietum)-dominierte Halden oberhalb derselben | *oberalpin*<br>a) Buntschwinglicht (Festucetum pictae)-beherrschte Planggen der Oberen und Unteren Erdenstellen<br>b) darüber Agrostetum-dominierte Schrofenzone |
| *nival*<br>Schwertboden, jüngst ausgeaperte Ebenfläche in 3150 m von ca. 30 ha (mit Eissee), noch fast unbesiedelt | *subnival und nival*<br>Aretia alpina-gekennzeichnete Gratfelsen der Freiwand |
| 3) *Bereich der vom Glocknerkamm herabziehenden Kampe* (vom Kellersberg-Kamp bis zum Glocknerwand-Kamp) | 3) *Gamsgruben-Gehänge* (von der Freiwandscharte bis zur Fuscherkarscharte) |
| *oberalpin*<br>a) Hüllseggicht-dominierte kleine Rasen-Lenken auf den untersten Felsstufen der Kampe mit zugehörigen offenen Halden<br>b) höher oben Elynetum-dominierte Rasenplanggen knapp an den Leeseiten der Kampe mit zugehörigen offenen Halden | *oberalpin*<br>a) von einem eigenartigen Schwickicht (Coeruletum) bedeckter mächtiger Flugsandrasen, ausgedehnt von den Felsbrettern unter der Freiwandscharte bis zum Wasserfallwinkel, zusätzlich Caricetum rosae-Mulden<br>b) darüber Gamsgrubenkar und Nachbarschaft, ausgefüllt mit offenen kalkreichen Halden und riesigen Rudolphiana-Sillen, sowie Hüllseggicht-Restflächen, besonders im Lee des westlichen Grates |
| *subnival und nival*<br>a) Arctia alpina-gekennzeichnete Fels- und Gratflur<br>b) obernivale Gyrophoretum virginis-beherrschte Gipfelkörper des Großglockners und der Glocknerwand | *subnival und nival*<br>Bratschen-Vegetation des Fuscherkarkopfes |

III) Pasterzenbecken

| | |
|---|---|
| *oberalpin*<br>streifenförmiger Inselrasen des Kleinen Burgstalls (abseits in Verlängerung des Teufelskar-Kamps), Hüllseggicht (Elynetum)-dominiert | *oberalpin*<br>Raseninseln, zwei am Wasserfalleck, eine am Haldeneck, je eine von Schwickicht, von Hüll- und von Krummseggicht beherrscht |

| rechte Talseite | linke Talseite |
|---|---|
| *subnival*<br>a) Polsterboden auf der obersten Ebenfläche des Kleinen Burgstalls<br>b) vollständig vegetationslose Eissturz-behämmerte „Teufelswand" unter dem Teufelskar-Kamp | *subnival*<br>Dachflächen des Hohen und des Mittleren Burgstalls mit Bratschen-Vegetation und zugehöriger Schutt- und Felsflur an ihren Abhängen sowie winzigen Elynetum-Resten |
| *nival*<br>spärliche Vegetations-Anflüge am Grat und an der Felsflur innerhalb der Glocknerwand | *nival*<br>Bratschen-Vegetation des Breitkopfes |

## B) Pfandltal

(Von der Möllschlucht bis zur Kapuzinerspitze)

| I. *Gelände-Bucht der Sturmalpe* | I) *Gelände-Bucht der Sturmalpe* |
|---|---|
| *subalpin*<br>Pleißenstreifen besonders von Kurzschwinglicht (Festucetum ovinae ssp. supinae), entstanden aus halbsteppenhaftem Hartschwinglicht (Festucetum durae), als Almgelände mit zugehörigen Maißen und Mutten, Fax und Nötsch, Ruderal- und Stercoralvegetation | *subalpin*<br>a) unterer Almgelände-Streifen von der Gemsenheidehältigen Pleiße des Kramerbretts unter dem Glocknerhaus bis zum Nardetum-beherrschten Rasen dahinter<br>b) Festuca dura-Festuca supina-Lenke des unteren Trogs der Trögeralm, von schmalen schrofigen Planggenstreifen umgrenzt |
| *unteralpin*<br>a) Schrofige Fortsetzung der Grünen Wand, vorwiegend mit Felsplanggen von Fiederbinsicht (Juncetum trifidi)<br>b) nach innen anschließend Besenheide (Callunetum)-gefleckte, vollbegrünte Fiederbinsicht-Halden der Freiwandleiten<br>c) Almrispicht (Poetum alpinae) und Rotschwinglicht (Festucetum rubrae ssp. commutatae) kombinierende Hochwiesen der Lenken vom Pointbalfen bis zum Schaflerloch mit Coeruletum-Abhängen | *unteralpin*<br>a) höherreichende Stutzweidicht-beherrschte Halde am Pfandlnaßfeld bis zum Pfandlkeesbach<br>b) breiter Übergangsstreifen von den Festucetum- zu den Curvuletum-Pleißen besonders auf dem Langen Trog der Trögeralm und noch darüber |
| *oberalpin*<br>geschlossene Agrostetum- und Elynetum-beherrschte Schrofen- und Haldenflur des Freiwandecks | |
| II) *Gelände am Magnestrog* | II) *Trögeralm i. e. S. (bis zurück zum Pfandlkees)* |
| *unteralpin*<br>Almgelände mit Festucetum durae-Resten des Schaflertrogs | |
| *oberalpin*<br>a) Schwickicht- und Fiederbinsicht-Leiten auf geschlossenen Rasenplanggen unter dem Magnestrog<br>b) imposante Hüll- und Krummseggicht-Pleißen des Magnestrogs.<br>c) oberhalb davon offene kalkfreie Halden mit Oxyrietum und Spadicetum nebst ausgedehndem Gletscher-Hahnenfuß-Initial | *oberalpin*<br>ausgedehnte Pleißen mir normaler Hüllseggicht-Krummseggicht-Krautweidicht-Zonation auf dem Oberen Trog der Trögeralm bis zurück zum Pfandlkees |
| *subnival und nival*<br>kalkfreie Freiwandfelsen, unten Sesleria-disticha-, oben Aretia alpina-gekennzeichnet | *subnival*<br>a) oberer Grenzstreifen der Pleißen mit eingegliederten Polsterböden und Rudolphiana-Sillen |

b) Halden unterhalb der W-Seite des Albitzengrates, vorwiegend Saxifraga biflora-Initial, z. T. noch Zweizeil-Hattlicht (Triseletum distichophylli)

*nival*

Bratschen an der W-Seite des Albitzengrates

III) *Vorder- und Hintergrund vom Freiwandkees*

*unteralpin*

durch Aufstau zerstörte Schwemmflur (Gant) des Pfandl-Naßfeldes, wie die des Unteren Keesbodens, besonders mit Agrostis alba ssp. stolonifera-, Juncus triglumis- und Carex atrifusca-Sociation

b) Sonnwendbichl mit Almvegetation wie am Pointbalfen

c) schrofige Leiten westlich ober dem Naßfeld, bestehend vorwiegend aus geschlossenen Planggen (Poetum, Coeruletum) und offenen Stutzweidicht-(Salicetum retusae)-Halden

*oberalpin*

Schwickicht- und Hüllseggicht-Pleißen unterhalb des Freiwandkees-Vorfeldes

*subnival und nival*

Polsterböden und Bratschen im Hintergrund von der Freiwandscharte bis zur Kapuzinerspitze

III) *Pfandlkees-Hintergrund und Kapuzinerkar*

*oberalpin*

a) Stutzweidicht-Halden und Schwickicht-Planggen unter dem Gamsofen und der Schwarzwand

b) Elynetum-Curvuletum-Salicetum-Pleißen an der Karschwelle zum Kapuzinerkar oberhalb Gamsofen und Schwarzwand, Hüllseggicht meist dominierend

*subnival*

Kapuzinerkar, vorwiegend ausgedehnte Rudolphiana-Sillen nebst Polsterböden und kleinen Pleißen-Resten

*nival*

a) Schutt- und Felsflur im Hintergrund des Pfandlkeeses, infolge Flugsand-Beimengung als Biflora- und Bratschenvegetation entwickelt

b) Bratschen-Umrahmung des Kapuzinerkars.

# Die Bodenbildung in der Pasterzenlandschaft

Von Rudolf Burger (Afritz) und Herbert Franz (Wien)

Aus dem Institut für Bodenforschung der Hochschule für Bodenkultur in Wien

## 1. Besonderheiten der Bodendynamik im Hochgebirge

Die Bildung der Böden wird in hohem Maße vom Klima, vor allem von den Klimafaktoren Wärme und Feuchtigkeit, beeinflußt. Während in niedrigen Höhenlagen die Bodendecke die großklimatischen Unterschiede der Klimazonen widerspiegelt, entsteht im Hochgebirge infolge der durch Seehöhe und Exposition bedingten lokalklimatischen Unterschiede ein kleinräumiges Mosaik von Böden verschiedenen Entwicklungsstandes.

Über der Waldgrenze kommen besondere, die Bodenbildung im Hochgebirge tiefgreifend beeinflussende Faktoren hinzu. Zu diesen zählt neben den in verschärfter Form wirksamen normalen Erosionsvorgängen die Solifluktion auf gefrorenem Untergrund. Sie besteht in einer langsamen Fließbewegung der oberflächlich aufgetauten Bodenschichten über dem noch gefrorenen Untergrund und führt im hängigen Gelände zur Bildung von Hangtreppen- bzw. Girlandenböden (vgl. u. a. F. SOLAR, 1964). Durch Bodenfließen kann es bei stärkerer Hangneigung zu stockwerkartiger Übereinanderlagerung mehrerer Bodenprofile kommen, wie dies auch in der Pasterzenlandschaft, vor allem im Bereiche der Gamsgrube, zu beobachten ist.

Ein anderer die Bodenbildung im Hochgebirge stark beeinflussender Vorgang ist die Einwehung von Flugstaub, wodurch den Böden laufend allochthones Material zugeführt wird. Im Bereiche der Pasterzenlandschaft ist auch dies in der Gamsgrube in besonders großem Umfange der Fall, so daß sich dort an windgeschützten Stellen im Kar unter dem Fuscherkarkopf Flugstaubdecken von mehr als 1 m Mächtigkeit bilden konnten (FRANZ, 1961). Da in den Hohen Tauern vor allem feines Verwitterungsmaterial der Kalkphyllite und Kalkglimmerschiefer verweht wird, ist mit der Einwehung von Flugstaub eine ständige Zufuhr von kohlensaurem Kalk verbunden, was sich in bisweilen bedeutenden Reserven an $CaCO_3$ und einem relativ hohen pH-Wert der verstaubten Böden äußert.

In ebenen und Muldenlagen kommt es nach Auftauen der oberen Bodenschichten über dem noch gefrorenen Untergrund zu Tagwasserstau, der den Böden eine spezifische Pseudogleydynamik aufprägt. Während bei Böden tieferer Lagen der Tagwasserstau durch wasserundurchlässiges Grundgestein oder durch einen dichten Bodenhorizont bedingt ist, demnach immer im selben Niveau, an der Obergrenze des sogenannten Staukörpers erfolgt, sinkt in den alpinen Pseudogleyen die durch die Bodengefrornis bedingte Staugrenze mit fortschreitendem Auftauen des Bodens ab, um schließlich mit den letzten Resten des Bodeneises völlig zu verschwinden. Damit wird in den alpinen Pseudogleyen eine Verlagerung des unter anaeroben Bedingungen während des Wasserstaues reduzierten und in zweiwertiger Form wasserlöslichen Eisens in tiefere Bodenschichten möglich, ein Prozeß, der auch an den von uns untersuchten Pseudogleyen des Glocknergebietes deutlich nachweisbar ist.

Eine weitere Besonderheit der Hochgebirgsböden stellt ihre oftmals sehr starke Anreicherung mit Humus dar. Organische Rückstände, wie sie dem Boden vor allem durch den Bestandesabfall seiner Pflanzendecke laufend zugeführt werden, unterliegen der Verrottung, wobei sie teils mineralisiert, das heißt in letzte Abbauprodukte der organischen Substanz zerlegt, teils humifiziert, das heißt nach einem teilweisen Abbau neuerlich zu hochmolekularen, dunkel gefärbten Stoffen polymerisiert werden. Welcher Anteil

der rottenden Substanzen humifiziert und welcher mineralisiert wird, hängt von den Milieubedingungen ab, unter denen die Rotte erfolgt. Reichliche Sauerstoffzufuhr, wie sie bei guter Bodendurchlüftung gegeben ist, fördert die Mineralisierung, gedrosselte Sauerstoffzufuhr die Humifizierung. Höhere Temperaturen beschleunigen den Abbau der organischen Substanzen, da die Bodenorganismen, die ihn bewirken, bei höherer Temperatur eine höhere Aktivität aufweisen. Da im Hochgebirge relativ niedrige Temperaturen herrschen, die Böden überdies durch Schmelz- und Niederschlagswasser häufig und für lange Zeit durchnäßt werden und dann in ihren Poren viel Wasser und wenig Luft enthalten, ist die Mineralisierung der organischen Substanz in ihnen sehr verlangsamt. Das hat eine ungewöhnlich starke Humusakkumulation zur Folge, die sich in einem hohen bis sehr hohen Humusgehalt äußert. Dieser kann im humosen Oberboden bis zu 80 % der Trockensubstanz und darüber ansteigen. Vor allem in lange schneebedeckten Hochgebirgsböden bildet sich ein tief schwarzer, im feuchten Zustande schmieriger, pechartiger Moder, den KUBIENA (1953) Pechmoder genannt hat. In den Hohen Tauern sind Böden mit extrem hohen Humusgehalten, wenn man von Anmooren und Mooren absieht, selten, Werte von 30–40 % organischer Substanz im humosen Mineralboden, die immer noch im Vergleich mit Flachlandböden recht hoch sind, treten dagegen in weiter Verbreitung auf.

## 2. Reife Bodenbildungen der Pasterzenlandschaft

Alle Böden machen eine Entwicklung durch, die vom ersten Anfangsstadium der Bodenbildung bis zu einem bestimmten Entwicklungsstand fortschreitet. Wird die Bodenbildung nicht durch Erosionsvorgänge gestört, so schreitet sie bis zu einem klimabedingten Endstadium, dem sogenannten Klimaxstadium, fort. In diesem halten einander die bodenaufbauenden und -abbauenden Kräfte das Gleichgewicht, so daß sich der erreichte Bodenzustand unter der Voraussetzung gleichbleibender Klimaverhältnisse dauernd zu erhalten vermag. In verschiedenen Höhenstufen und Expositionen stellen bestimmte genetische Bodentypen das klimabedingte Endstadium der Entwicklung dar, wobei auch das Muttergestein auf die Bodengenese einen erheblichen Einfluß ausübt.

Auf Kalkphylliten bilden im Pasterzenvorland alpine Rasenbraunerden das klimabedingte Endstadium der Bodenentwicklung. Sie können eine Mächtigkeit bis zu 50 cm erreichen, sind dann allerdings in den tieferen Horizonten meist mehr oder weniger durch Tagwasserstau hydromorph verändert. In Muldenlagen treten an ihre Stelle stets alpine Pseudogleye, die eine ähnliche Mächtigkeit erreichen. Auch am SW-Hang des Freiwandecks finden sich noch Braunerden und Pseudogleye von ähnlicher Mächtigkeit, während in der Gamsgrube nur noch schwächer ausgeprägte Profile beider Bodentypen auftreten. Das ist dort allerdings einerseits durch starke Solifluktion und anderseits durch starke Verstaubung bedingt, beides Vorgänge, die die Bodenreifung hemmen. Auch die Braunerden auf dem Haldenhöcker unter dem Mittleren Burgstall zeigen in 2450 m Höhe bei einer Mächtigkeit bis über 40 cm eine starke Verstaubung.

In höheren Lagen der Gamsgrube und unter dem Rasen am Kleinen Burgstall schreitet die Entwicklung nicht mehr bis zu einer alpinen Rasenbraunerde fort, sondern bleibt auf dem Stadium einer alpinen Pararendsina stehen. Auf dem Kleinen Burgstall erreicht diese in 2585 m Höhe noch 25 cm Mächtigkeit.

Auf den Schneeböden mit lückenhafter Pioniervegetation kommt es nicht mehr zur Bildung eines zusammenhängenden humosen Mineralbodenhorizontes, sondern es sammelt sich nur noch unter den einzelnen Pflanzenpolstern etwas Humus an. Es bilden sich dabei alpine Polsterrendsinen oder alpine Rohböden. Solche nehmen den aperen Gipfelbereich des Großen und Mittleren Burgstalls ein, sie finden sich in weiter Verbreitung im Vorfeld des südlichen Pfandlschartenkeeses und in besonders tiefer Lage (2450 m) bei der Knappenstube auf der Nordseite des Hochtortunnels.

Auf karbonatfreien Substraten geht die Bodenentwicklung auf gut entwässerten Rücken, kleinen Kuppen oder auch an mäßig geneigten Hängen in der Richtung auf

Podsole, in ebenen und Muldenlagen auf alpine Pseudogleye, an steileren Hängen verhindert die Solifluktion meist die Bildung stark saurer Böden. Im Pasterzenvorfeld finden sich Podsole zum Beispiel unterhalb des Glocknerhauses auf wärmezeitlichen Moränen und auf der Marxwiese außerhalb der Fernaumoräne auf karbonatfreiem älterem Grundmoränenmaterial. Auf der inneren wärmezeitlichen Moräne auf dem Hohen Sattel unterhalb des Parkplatzes I der Glocknerhochalpenstraße ist die Bodenentwicklung noch nicht bis zu einem typischen Podsol fortgeschritten. Der Boden ist hier eine podsolige Braunerde mit blanken Quarzkörnern und Glimmerblättchen in einer Mächtigkeit von 20–30 cm auf stark verwitterter Moräne. Die selektive Verwitterung hat in älteren Moränen zur Auflösung der karbonathaltigen Gesteinsbrocken geführt, während sich der Prasinitanteil verhältnismäßig gut erhalten hat. Die warmen süd- und südwestexponierten Hänge, zu denen auch der eben besprochene Moränenstandort am Hohen Sattel zählt, sind der Entwicklung von Podsolen wenig günstig, während diese in Nordexposition, zum Beispiel an den Hängen des Albitzenkopfes gegen das Naßfeld des Pfandlschartenbaches große Flächen einnehmen.

Hydromorphe, mit organischer Substanz stark angereicherte Anmoor- und Moorböden besaßen vor Anlage der Stauseen im Pasterzenvorland eine weite Verbreitung. Sehr interessante Anfangsstadien der Moorbodenbildung waren vor der Überstauung durch den Stausee auf dem Unteren Keesboden zwischen Margaritze und Elisabethfels zu beobachten. Ein sehr aufschlußreiches, von H. Gams (1936) beschriebenes Palsmoor war auf dem Naßfeld des Pfandlschartenbaches vor dessen Überstauung vorhanden. Größere Torfanmoorflächen sind heute noch auf der Marxwiese erhalten.

Im Anschluß seien zu den besprochenen Bodentypen einige typische Profile aus der Pasterzenumgebung beschrieben:

## A. Alpine Rasenbraunerden:

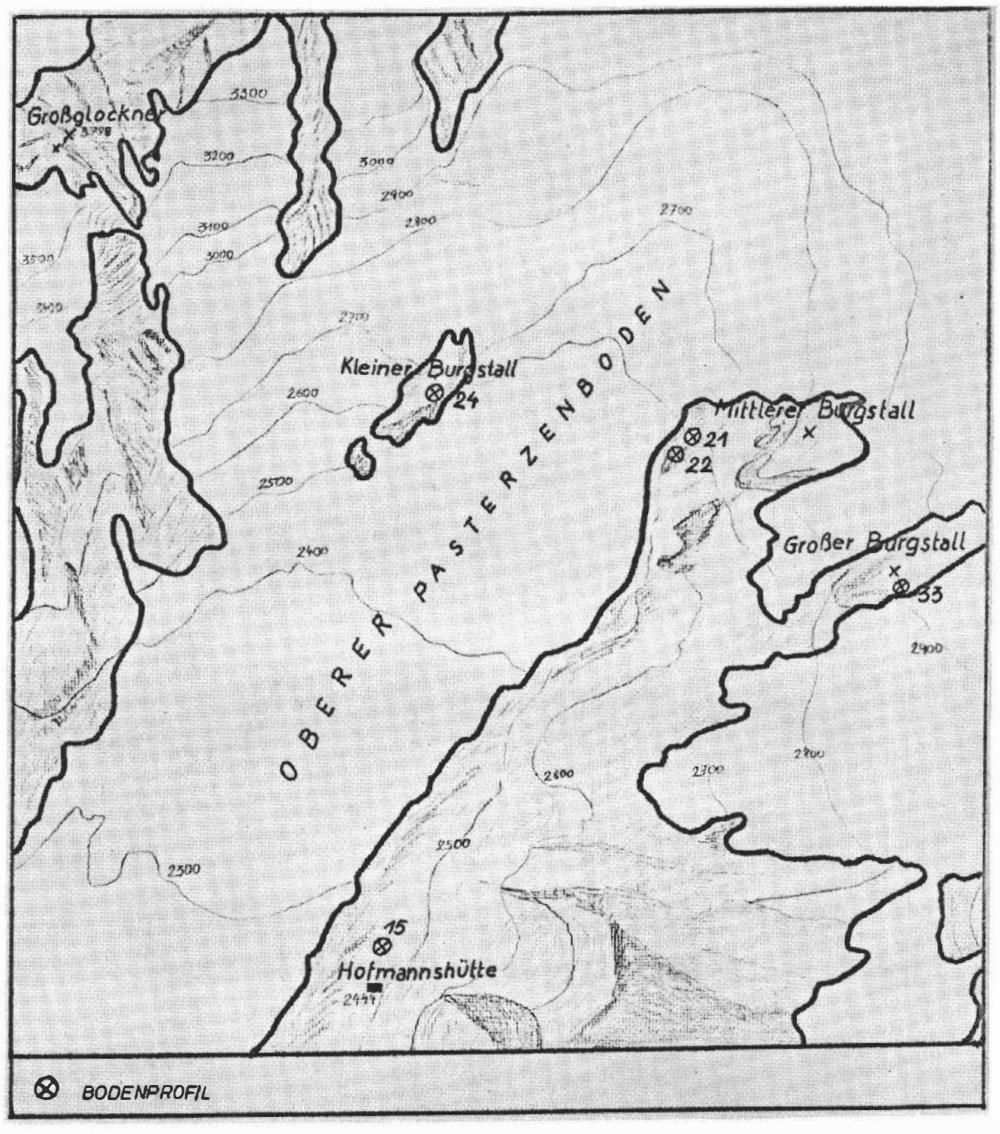
a) Profil Nr. 32.* Hoher Sattel unter Parkplatz I, Seehöhe 2288 m, 20 m oberhalb der Fernaumoräne, auf flachem Rücken unter alpiner Grasheide.
A 0–9 cm 7,5 YR 2/1, stark humoser, glimmeriger, stark lehmiger Sand, deutlich feinkrümelig, dicht durchwurzelt, geht über in
$B_v$ 9–30 (50) cm 10 YR 3/4, glimmeriger, lehmiger Sand, strukturlos, fein durchwurzelt, schwacher Steinbesatz (meist Prasinit), aufsitzend auf
C ab 30 (50) cm anstehender Prasinit.

b) Profil Nr. 15. Gamsgrube, 150 m nördlich Hofmannshütte, Seehöhe 2472 m, ganz flach nach W geneigte ebene Fläche. Vegetation alpine Grasheide.
A 0–5 (8) cm 7,5 YR 1/1, humoser, glimmeriger, lehmiger Sand mit starker Einwehung von Kalkphyllitstaub vom Fuscherkarkopf herab, gut durchwurzelt, allmählich übergehend in
$B_v$ 5 (8)–30 (50 cm) 7,5 YR 4/2, feinkrümeliger glimmeriger Sand, locker, schwach durchwurzelt, aufsitzend auf
C ab 30 (50) cm anstehender Kalkglimmerschiefer.
Der $B_v$-Horizont ist auffällig schwach verwittert.

c) Profil Nr. 24. Kleiner Burgstall, leicht nach S geneigter Hang, Seehöhe 2585 m. 10 m unter dem Gipfel.
A 0–25 cm 7,5 YR 2/1, humoser, stark glimmeriger, lehmiger Sand, fein durchwurzelt, undeutlich krümelig, geht über in
$B_v$ 25–40 cm 5 YR 3/3, glimmeriger Sand, locker, strukturlos, schwach durchwurzelt, aufsitzend auf
C ab 40 cm angewitterter Kalkglimmerschiefer.
Der $B_v$-Horizont ist schwach verwittert.

d) Profil Nr. 21. Haldenhöcker unter dem Mittleren Burgstall, Seehöhe 2450 m, 100 m oberhalb der Moräne des Jahres 1856, unterhalb der Felswand und Schutthalde des Burgstalls, ca 20° W geneigt, Vegetation alpine Grasheide.
A 0–12 cm 7,5 YR 2/1, stark humoser, stark glimmeriger, lehmiger Sand, fein durchwurzelt, undeutlich krümelig, übergehend in
$B_v$ 12–42 (48) cm 7,5 YR 3/4, stark glimmeriger Sand, wenig durchwurzelt, schwach steinig, übergehend in
C ab 42 (48) cm Geröll, überwiegend Kalkglimmerschiefer, etwas Prasinit. Der $B_v$-Horizont ist schwach verwittert.

* Die Standorte der Profile sind mit den angegebenen Nummern in der umseitigen Karte, bzw. in der Karte von G. Patzelt, die diesem Festband beigelegt ist, verzeichnet.




e) Profil Nr. 22. Haldenhöcker unter dem Mittleren Burgstall. Seehöhe 2277 m, ebene Fläche 5 m außerhalb der Moräne des Jahres 1856, Vegetation alpine Grasheide.
A 0–22 cm 5 YR 2/2, stark humoser, glimmeriger, sandiger Lehm mit beginnender Strukturbildung, fein durchwurzelt, übergehend in
$B_v$ 22–36 cm 10 YR 3/4, stark glimmeriger Sand mit schwachem Steinbesatz, strukturlos, locker, aufsitzend auf
C ab 36 cm Geröll. Der $B_v$-Horizont ist schwach verwittert.

## B. Alpine Pseudogleye:

a) Profil Nr. 11. Hang unterhalb des Glocknerhauses, Seehöhe 2100 m, Neigung 10° W. Vegetation geschlossener Rasen.
A 0–5 cm 5 YR 1/1, stark humoser, schluffiger Lehm, stark durchwurzelt, dicht, geht über in
AP 5–10 cm 7,5 YR 4/2, bleicher Horizont mit Rostflecken entlang der Wurzelröhren, Durchmesser der Flecken bis 5 mm, feinsandiger, glimmerreicher Lehm, ziemlich dicht, strukturlos, mäßig durchwurzelt, übergehend in

B 10–40 cm 7,5 YR 4/4–4/6, sandig-schluffiger Lehm, locker, fast ohne Wurzeln, strukturlos, ohne Flecken, rasch übergehend in

$C_1$ 40–42 cm 10 YR 3/3, Verwitterungsrinde des anstehenden Kalkphyllits.

b) Profil Nr. 1. Roßalpe, Seehöhe 2100 m. Flache Einmuldung in relativ ebener Fläche auf Daungrundmoräne. Vegetation: stark beweideter Almrasen.

A 0–3 cm YR 2/1–2/2, stark humoser, schluffiger Lehm, intensiv fein durchwurzelt, ohne deutliche Struktur, ziemlich dicht gelagert, rascher Übergang zu

$AP_1$ 3–6 cm 2,5 Y 3/2, sehr schwach humoser, feinsandiger Schluff mit Grusbesatz, intensiv durchwurzelt. An den Wurzeln rostfleckig, 5 YR 3/3–2,5 YR 3/3, Rostflecken klein, selten 1 mm ⌀, Struktur undeutlich, geht allmählich über in

$AP_2$ 6–19 cm 10 YR 4/2–2,5 Y 4/2, zahlreiche Rostflecken, 2–3 mm ⌀, 10 YR 3/3, sandiger Schluff mit Grobsand, mäßig durchwurzelt, dicht gelagert. Undeutlich mittelblockig, übergehend von 19–25 cm in

$P_3$ 25–35 (40) cm 2,5 Y 4/2–5 Y 4/2, starke Rost bzw. Verwitterungsflecken, unregelmäßig begrenzt, bis mehrere cm ⌀, 10 YR 4/4–5/6, schluffiger, glimmeriger Sand mit starkem Grusbesatz (Grus stark verwittert). Dicht, Struktur sehr undeutlich blockig, schwach durchwurzelt. Darunter

$C_1$ 35 (40–45 (50 cm Verwitterungsrinde des Grünschiefers, intensiv orangerot bis dunkelbraun.

c) Profil Nr. 4. N-Abfall der Roßalpe gegen den Stausee. Außerhalb der inneren wärmezeitlichen Moräne. Leicht getreppter, 30° geneigter Hang. Grundgestein ist Moräne mit viel Grünschiefer. Vegetation: beweideter Almrasen.

$A_0$ 16–0 cm 10 YR 2/2–2/1, grober Alpenmoder mit zahlreichen Ästchen von Loiseleuria, intensiv fein durchwurzelt, nach unten zunehmend etwas Glimmerbesatz, oben nahezu glimmerfrei.

$A_1$ 0–3 cm 10 YR 2/1–2/2, stark humoser, stark schluffiger, glimmeriger Lehm, strukturlos, mäßig dicht, stark fein durchwurzelt.

$A_2$ 3–18 cm, 10 YR 4/1, anlehmiger, stark glimmeriger Sand mit etwas Grus und eckigen Steinen, mäßig durchwurzelt, ohne Struktur.

$B_{vg}$ 18–28 cm 10 YR 3/4, humusfreier, stark glimmeriger anlehmiger Sand mit Grus- und Steinbesatz, sehr schwach durchwurzelt, ziemlich locker, strukturlos, geht rasch über in den $B_g$. Keine Rostflecken.

$B_g$ 28–60 cm 7,5 YR 4/4–10 YR 4/4, stark glimmeriger Lehm. Sand mit Grus- und Steinbesatz, einzelne Wurzeln, locker, strukturlos.

C ab 60 cm. Anstehender Grünschiefer oder Grünschieferschutt.

d) Profil Nr. 31. Hoher Sattel unter Parkplatz I, Seehöhe 2285 m, 20 m oberhalb der Fernaumoräne in einer Mulde unter Grasheide.

A 0–7 cm 10 YR 2/2, stark humoser, schluffiger, glimmerreicher Lehm, mit undeutlicher Struktur, stark durchwurzelt und reich an organischen Resten, dicht, geht über in

AP 7–16 cm 10 YR 4/2, stark gebleicht, stark rostfleckig, ⌀ der Flecken bis zu 7 mm, lehmiger Feinsand, locker, mäßig durchwurzelt, geht allmählich über in

$B_s$ 16–40 cm, 7,5 YR 4/3, lehmiger Sand, nicht so locker wie der AP, strukturlos, enthält nur noch einzelne Wurzelhaare, aufsitzend auf

C ab 40 cm, anstehender Prasinit.

## C. Podsole

a) Profil Nr. 5. N-Abfall der Roßalpe gegen den Stausee, zwischen spätwärmezeitlicher- und Fernaumoräne. Leicht nach N geneigter Hang. Vegetation: beweideter Almrasen.

A 0–6 cm 7,5 YR 1/1, stark humoser, sandiger Lehm, feinkrümelig, stark durchwurzelt, allmählich übergehend in

$A_{2e}$ 6–12 cm 10 YR 5/1, stark glimmeriger, schluffiger Feinsand, strukturlos, dicht, stark durchwurzelt, rasch übergehend in

$B_s$ 12–38 cm 5 YR 3/4, wahrscheinlich von Fernaumoräne zusammengeschoben und darum so mächtig, schluffiger, feinsandiger Lehm mit schwachem Steinbesatz, mäßig dicht, schwach durchwurzelt, allmählich übergehend in

C ab 38 cm Moräne.

## D. Junge, unreife Böden nachwärmezeitlicher Entstehung

a) Profil Nr. 29. Junge alpine Braunerde neben dem Fahrweg von der Sturmalpe zum Stausee, 5 m außerhalb der Fernaumoräne. Vegetation: Almrasen.

A 0–9 cm 7,5 YR 2/1, humoser, stark glimmeriger, sandiger Lehm mit undeutlicher Struktur besonders um feine Wurzeln, dicht infolge von Beweidung, stark durchwurzelt, übergehend in

$B_v$ 9–20 cm, 7,5 YR 3/4, stark glimmeriger, lehmiger Sand mit mäßigem Steinbesatz, locker, strukturlos, wenig durchwurzelt.

C ab 20 cm Moräne.

b) Profil Nr. 30. Junge alpine Braunerde auf der Roßalpe am Innenhang der Fernaumoräne, Hang ungefähr 20° nach W geneigt. Vegetation: beweideter Almrasen.
A 0–2 (3) cm 5 YR 2/1, humoser, stark sandiger Lehm, stark durchwurzelt, strukturlos, dicht, allmählich übergehend in
$B_v$ 2(3)–10(16) cm 7,5 YR 3/3, lehmiger Sand mit starkem Steinbesatz, mäßig durchwurzelt, locker, aufsitzend auf
C ab 10 (16) cm Moräne.

c) Profil Nr. 28. Alpine Rendsina neben dem Fahrweg von der Sturmalpe zum Stausee, 5 m innerhalb der Moräne des Jahres 1856. Vegetation den Boden nicht voll deckend.
A 0–3 (4) cm 7,5 YR 2/1, humoser, stark durchwurzelter, sandiger Lehm ohne Struktur, dichter Wurzelfilz, allmählich übergehend in
$C_1$ ab 3 (4) cm 7,5 YR 4/3, die ersten cm stark, dann mäßig durchwurzelt, glimmeriger Sand mit einzelnen Gesteinsbrocken, locker.

d) Profil Nr. 19. Alpine Pararendsina auf Moräne des Jahres 1856, die auf der Fernaumoräne aufsitzt. Roßalpe, Fußweg zur Stockerscharte, Seehöhe 2045 m. Vegetation den Boden nicht voll deckend.
A 0–3 cm 5 YR 2/1, Moderhumus, stark von Wurzeln durchsetzt, strukturlos.
$C_1$ 3–10 cm 10 YR 5/1, lockeres Moränenmaterial der Moräne des Jahres 1856 von Wurzelhaaren durchzogen, strukturlos, aufsitzend auf
$B_{fos}$ 10–24 cm 10 YR 3/4, Relikthorizont des auf der Fernaumoräne gebildeten Bodens, locker, strukturlos, mit mäßigem Steinbesatz, allmählich übergehend in
$C_2$ ab 24 cm Fernaumoräne.

e) Profil Nr. 10. Alpine Rendsina am W-Hang des Freiwandecks unter Parkplatz I der Glocknerstraße, Seehöhe 2240 m, auf der Fernaumoräne, 35° nach W geneigt. Vegetation lückenhaft: *Deschampsia caespitosa*, *Juncus* spec., *Saxifraga aizoides*.
A 0–5 (7) cm 10 YR 2/2, humoser, stark schluffiger, feinsandiger Lehm, stark durchwurzelt, locker, strukturlos, allmählich übergehend in
$C_1$ 5 (7)–15 (17) cm 10 YR 4/1, stark zerkleinerter Schutt in Packung von anlehmigem Sand, wenig durchwurzelt, übergehend in
$C_2$ 15 (17) und tiefer, Moräne bestehend aus Kalkphyllit – und Grünschiefergeschieben.

f) Profil Nr. 33. Klimaxrohboden am Großen Burgstall, Seehöhe 2960 m, ebene Fläche, Bodenbildung nur an geschützten Stellen. Vegetation sehr lückenhaft.
A 0–1 (5) cm 7,5 Y 2/1, in der Mächtigkeit stark schwankender hochalpiner Grobmoder, angewehter und vom Schneewasser angeschwemmter Feinsand nur im Bereich der lückenhaften Vegetation und im Wurzelfilz.
$C_1$ ab 5 cm 2,5 Y 3/4, angewitterter Schutt, bestehend hauptsächlich aus Kalkglimmerschiefer und etwas Quarz.

### 3. Unreife Bodenbildungen in dem in jüngster Zeit vom Gletscher freigegebenen Gelände

V. PASCHINGER (1936) unterschied innerhalb der Daunmoränen einen innersten vorwärmzeitlichen Moränenwall, den er dem Egesenstadium zuteilte. Die innerhalb desselben auftretenden rasenüberwachsenen Moränen schrieb er dem Fernauvorstoß (um 1600) zu, die erst von einer lückenhaften Pflanzendecke bewachsenen Wälle dem Vorstoß des Jahres 1856. Nach G. PATZELT (1969) bedarf diese Gliederung der Ergänzung und Berichtigung, indem zwischen Egesen- und Fernauvorstoß mindestens zwei wärmzeitliche Gletschervorstöße einzuschalten sind. Die meisten von PASCHINGER als Fernaumoränen angesprochenen Wälle sind diesen wärmzeitlichen Vorstößen zuzuschreiben, die Fernaumoränen tragen noch keine geschlossene Vegetationsdecke und liegen im Pasterzenvorfeld knapp vor der teilweise gar nicht mehr als eigener Wall erhaltenen Endmoräne des Jahres 1856.

Folgt man der von PATZELT erarbeiteten Datierung der Moränen, so stellt man fest, daß sich innerhalb der Fernaumoränen auch im Pasterzenvorfeld nur wenig entwickelte Böden finden, während die Bodenentwicklung zwischen den Fernaumoränen und den inneren wärmzeitlichen Moränen bereits bis zum Braunerde-, Pseudogley- und stellenweise sogar bis zum Podsolstadium fortgeschritten ist. Die inneren wärmezeitlichen Moränen tragen unterhalb des Glocknerhauses, wie schon erwähnt, Podsole, auf der Marxwiese hat die Fernaumoräne stellenweise einen Podsol begraben, während in ihr an der Stelle, wo sie vom Fahrweg von der Sturmalpe zum Stausee durchschnitten wird, die aus Braunerden bestehende ältere Bodendecke zu einem mächtigen Wall zusammengeschoben ist (vgl. FRANZ, 1961, p. 119).

Den höchsten seit dem Fernauvorstoß erreichten Entwicklungsstand des Bodens repräsentiert eine schwach entwickelte Braunerde am 20° W geneigten Innenhang der Fernaumoräne unterhalb des Glocknerhauses in 2033 m Seehöhe (vgl. das beschriebene Profil Nr. 30).

Innerhalb der Endmoräne des Gletschervorstoßes von 1856 ist die Bodenentwicklung im Pasterzenvorfeld nur bis zu schwach entwickelten Pararendsinen vorgeschritten, die sich unter der den Boden recht ungleichmäßigen deckenden Vegetation zu unterschiedlicher Mächtigkeit entwickelt haben.

Als Beispiel eines relativ reifen Profiles sei die Pararendsina (Profil 19) beschrieben, die neben dem von Stausee zur Stockerscharte führenden Wege an dem 20° N geneigten Hang der Marxwiese gegen den unteren Keesboden unweit innerhalb der Moräne des Jahres 1856 in etwa 2200 m Höhe aufgenommen wurde. Die Vegetation ist an dieser Stelle lückenhaft, sie umfaßt neben *Poa alpina* und *Nardus stricta, Loiseleuria procumbens* und überwiegend Kräuter (75 %). Die Bodenmächtigkeit wechselt stark, an der Bodenoberfläche liegen allenthalben große Steine.

A 0–7 (10) cm 10 YR 2/2–2/3, humoser, schluffiger Lehm mit Grusbesatz, undeutlich krümelig, gut durchwurzelt, übergehend in
AC 7 (10–17) (20) cm stark glimmeriger, anlehmiger Sand mit Grusbesatz, strukturlos, schwach durchwurzelt, übergehend in
$C_1$ ab 17 (20) cm völlig aufgemürbter, glimmerreicher Moränenschutt.

Später eisfrei gewordene Flächen tragen nur noch Rohböden, auf denen sich unter den isoliert stehenden Pionierpflanzen mehr oder weniger Humus angesammelt hat. So findet sich 20 m über dem Weg, der von der Staumauer des Stausees zur Stockerscharte führt, an 30° N geneigten Hang der Marxwiese unter lückiger Pioniervegetation mit *Anthyllis vulneraria* ssp. *alpestris, Euphrasia salisburgensis* und anderen ein Rohboden der unter Pionierpflanzen das folgende Profil aufweist:

AC 0–5 cm lehmiger Sand, durchwurzelt, strukturlos.
C ab 5 cm Moräne.

Am Hang des Freiwandecks gegen den Pasterzensee unterhalb des Parkplatzes I der Glocknerstraße findet sich etwa 50 m über dem Pasterzensee an dem etwa 15° W geneigten Hang unter lückenhafter Pioniervegetation von *Deschampsia caespitosa, Agrostis stolonifera, Saxifraga aizoides* eine Protopararendsina mit folgendem Profilaufbau:

$A_0$ 2–0 cm Moder, übergehend in den $A_1$.
$A_1$ 0–5 cm besteht vorwiegend aus etwas lehmigem Sand, stark durchwurzelt, strukturlos, sehr locker, Schluff ist in den $C_1$ ausgewaschen.
$C_1$ 5–13 cm schluffiger Sand, gut durchwurzelt, sehr locker und feucht, Rostflecken von 1–2 mm ø.
$C_2$ ab 13 cm gänzlich aufgemürbtes Moränenmaterial, feucht, Grundwasser bei 28 cm (starke seitliche Sickerwasserbewegung), Feinsand und Schluff zeigen Tendenz, nach unten zu wandern, schwach durchwurzelt.

Näher dem Stausee sind nur noch Rohböden vorhanden. Im Uferbereich des Pasterzensees und auf den sandigen Sedimenten des Pasterzenbaches vor dem derzeitigen Gletscherende lassen sich noch keine Ansätze der Bodenbildung erkennen.

### 4. Fortschritt der Bodenreifung in Abhängigkeit von der Seehöhe und vom Alter der Bodendecke

Die Bodenbildung und -entwicklung ist ein komplexer Vorgang, an dem zahlreiche chemische, physikalische und biologische Prozesse beteiligt sind. Im Zuge derselben bildet sich aus dem Muttergestein durch Verwitterung der Mineralboden, wobei ein großer Teil der Primärminerale zerstört und eine Reihe von Sekundärmineralen gebildet wird. Zu den wichtigsten mineralischen Neubildungen zählen Oxydhydrate des Eisens, die chemisch als „freies Eisen" zum Unterschied von dem in den Kristallgittern der

Mineralе gebundenen Eisen bestimmt werden können. Für den Boden äußerst wichtige Neubildungen sind ferner die Tonminerale, deren Quantität in grober Annäherung in der Tonfraktion der Schlämmanalyse erfaßt werden kann, obwohl im Rohton auch noch Splitter von Primärmineralen, vor allem Quarz, enthalten sind und anderseits besonders große Tonkristalle in die Schluffraktion gelangen. Aus organischen Rückständen, namentlich dem Bestandsabfall der auf dem Boden wachsenden Pflanzen, bildet sich Humus, mit dessen Akkumulation im Boden die Speicherung von Stickstoff Hand in Hand geht. Schließlich werden unter humiden Klimaverhältnissen, wie sie im Alpengebiet vorliegen, leicht lösliche Verwitterungsprodukte, vor allem Salze des Natriums, Kalziums und Magnesiums mit dem versickernden Niederschlagswasser in den Untergrund ausgewaschen. Dies führt zu einer fortschreitenden Verarmung des Bodens an Metallkationen und hiedurch zu einer immer saureren Bodenreaktion. Schließlich stellt die Mächtigkeit ungestörter Bodenprofile, da die Bodendecke bei fortschreitender Bodenreifung immer mächtiger wird, ein Maß der Bodenreifung dar.

Wir haben aus einer größeren Zahl untersuchter Bodenprofile die repräsentativsten ausgewählt und die für die Bodenreifung charakteristischen Analysenwerte tabellarisch zusammengestellt. Es sind dies Profilaufbau und Mächtigkeit der einzelnen Bodenhorizonte, pH-Wert, Gehalt an $CaCO_3$, Gesamtgehalt an freiem Eisen und besonders leicht bewegliches „indiziertes" freies Eisen, Gesamtgehalt an organischer Substanz und Rohtongehalt. Der Stickstoffgehalt der Böden wurde ebenfalls bestimmt, es erwies sich aber, daß er von der Vegetation sehr stark abhängig ist, indem er unter Leguminosen bedeutend höher ist als unter anderen Pflanzen, so daß er für den Entwicklungsgrad der alpinen Böden keinen sicheren Aussagewert besitzt.

Die jungen Böden des Pasterzengebietes zeigen eine mit zunehmendem Alter fortschreitende Entkalkung und im Zusammenhang mit dieser sinkende pH-Werte. Bei den älteren Böden tritt häufig in den obersten Bodenschichten ein geringer Gehalt an $CaCO_3$ auf, der durch laufende Zufuhr kalkhaltigen Flugstaubes von den Kalkphyllit- bzw. Kalkglimmerschieferbergen bedingt ist. In der Pasterzenlandschaft stellen die Leiterköpfe, der Fuscherkarkopf und der Albitzen-Wasserradkopf die wichtigsten Auswehungsgebiete kalkreichen Flugstaubes dar.

Mit fortschreitender Verwitterung kommt es zu einer Anreicherung der Böden mit freiem Eisen. Beim Vergleich der Anreicherung in verschiedenen Böden muß berücksichtigt werden, daß Lockersedimente wie Moräne, Schwemmsand der Gletscherwässer und zusammengewehter Flugstaub schon mehr oder weniger verwittertes Material und damit freies Eisen enthalten. Die Berechnung des Gehaltes der Böden an freiem Eisen und an Humus konnte nur in grober Annäherung erfolgen, da uns zur Zeit keine exakten Daten über die Raumgewichte der einzelnen Bodenhorizonte vorliegen. Wir gingen daher von der Annahme aus, daß ein Kubikdezimeter Boden ein Gewicht von 1,5 kg habe, was wohl für keinen der untersuchten Bodenhorizonte exakt zutrifft. Namentlich bei den humosen Horizonten steht zu erwarten, daß ihr Raumgewicht erheblich geringer ist. Da aber bei der Berechnung auf dieser Grundlage bei allen Böden ein Fehler in gleicher Richtung gemacht wird, sind die so gewonnenen Werte doch relativ vergleichbar. Berechnet man von dem Wert von $1^1/_2$ kg/dm³ ausgehend das Raumgewicht des gesamten Bodenprofiles auf 1 dm² Fläche, so ergibt sich für eine Schichttiefe von 1 cm ein Gewicht von 150 g. Aus den gemessenen mittleren Horizontmächtigkeiten läßt sich dann das Raumgewicht pro dm² Fläche berechnen und das in mval/100 g trockenen Boden ermittelte frei Eisen auf mval/dm² Bodenfläche und entsprechende Horizontmächtigkeit umrechnen. In ähnlicher Weise kann die organische Substanz des Bodens in g/dm² Bodenfläche unter Berücksichtigung der Horizontmächtigkeit berechnet werden. Die entsprechenden Werte sind in den betreffenden Rubriken der Tabellen, links für die einzelnen Horizonte und rechts für das Gesamtprofil angegeben. Auch die Rohtongehalte sind auf die gleiche Weise errechnet worden. Besonders aufschlußreich ist der Vergleich der für freies Eisen gewonnenen Werte. Die Zahlen lassen klar erkennen, daß die Gesamtgehalte der jungen Bodenprofile an freiem Eisen weit unter denen der alten Böden liegen. Das ist nicht bloß eine Folge der mit dem Alter der Bodendecke zunehmenden Profil-

mächtigkeit, sondern auch einer weiter fortgeschrittenen Verwitterung der Primärminerale. Ebenso nehmen die Humusgehalte der Böden mit dem Alter der Bodendecke zu, jedoch scheint hier die Obergrenze früher erreicht zu werden als beim freien Eisen. Nur so ist zu erklären, daß die Braunerde Nr. 29 vom Hang unterhalb des Glocknerhauses, die knapp außerhalb der Fernaumoräne weit innerhalb der wärmzeitlichen Moränen entnommen wurde, sich im Humusgehalt kaum von den wesentlich älteren Böden unterscheidet, während sie im Gehalt an freiem Eisen weit hinter diesen zurückbleibt.

Innerhalb der alten Böden sind deutliche Unterschiede im Gehalt an freiem Eisen in Abhängigkeit von der Seehöhe feststellbar. Die Gehalte nehmen mit zunehmender Seehöhe ab, was besagt, daß die Böden im gleichen Zeitraum in höheren Lagen einen geringeren Reifungsgrad als in niedrigeren erreichen. Daß die Verwitterung in extrem sauren Milieuverhältnissen rascher vor sich geht als in weniger sauren, ist lange bekannt und wird durch den überdurchschnittlichen Gehalt des podsoligen Pseudogleys (Nr. 4) an freiem Eisen deutlich angezeigt. Im übrigen liegen die Gehalte der alpinen Pseudogleye an freiem Eisen in der gleichen Größenordnung wie die der alpinen Braunerden gleichen Alters, zeitweiliger Tageswasserstau beeinflußt demnach den Prozeß der Eisenfreistellung aus den Primärmineralen nicht. Deutlich zeigt sich dagegen in den alpinen Pseudogleyen die Eisenverlagerung in tiefere Bodenhorizonte. Sie ist die Folge der Umwandlungen des freien Eisens unter anaeroben Bedingungen in die zweiwertige Form, in der es wasserlöslich und daher wanderfähig ist. Da der Wasserstau in den alpinen Pseudogleyen nicht wie bei typischen Pseudogleyen durch wasserundurchlässiges Gestein oder eine Verdichtung innerhalb des Bodenprofiles bedingt ist, sondern durch Bodenfrost hervorgerufen wird, kann das Eisen mit fortschreitendem Auftauen des Bodens nach unten verlagert werden. Das indizierte freie Eisen, das heißt der besonders leicht lösliche und damit besonders bewegliche Teil des freien Eisens verhält sich im großen ganzen ähnlich wie das gesamte freie Eisen. Nur die in den Pseudogleyen stattfindende Eisenverlagerung in tiefere Bodenschichten, tritt bei dem leichtbeweglichen Eisenanteil naturgemäß besonders stark in Erscheinung. In den sauren podsoligen Böden ist der Gehalt an indiziertem freiem Eisen, wie leicht verständlich ist, besonders hoch.

Zum Humusgehalt der Böden der Pasterzenlandschaft ist zu sagen, daß er im Vergleich mit Böden tieferer Lagen hoch und bei gleichaltrigen Böden in höherer Lage etwas höher ist als an tieferen Standorten. Besonders hoch liegt er deshalb am Kleinen Burgstall. Zu so extremer Anreicherung von Humus, wie sie in den Pechrendsinen auf reinen Karbonatgesteinen erfolgt, wo Humusgehalte zwischen 80 und 90 % häufig zu beobachten sind (vgl. F. Solar, 1964), kommt es im Pasterzenbereich nicht. Eine Ausnahme machen die Anmoorböden im Pasterzenvorfeld, bei denen die Humusanreicherung aber nicht durch die alpinen Klimaverhältnisse, sondern durch Wasserstau bedingt ist. Als Beispiel für den Bodenaufbau im Torfanmoor auf der Roßalpe (Marxwiese) sei ein von uns aufgenommenes Profil (Nr. 3) aus 2100 m Seehöhe in ebener bis ganz flach NE geneigter Lage beschrieben.

AT 0–15 (17) cm 10 YR 3/2–7,5 YR 3/2, oben etwas stärker, unten schwach vererdeter Flachmoortorf, stark durchwurzelt, unregelmäßig übergehend in

A 15 (17)–18 (20) cm stärkst humoser, stark glimmeriger Schluff, ohne nachweisbaren Sandgehalt, scharf aufsitzend auf

AC 18 (20)–30 cm Grundmoräne mit überwiegend Grünschiefergeröllen in Packung von schwach humosem, glimmerigem, stark schluffigem Lehm, Farbe des Feinmateriales 10 YR 3/1–3/2, locker, strukturlos, aufsitzend auf

D ab 30 cm stark rostig verwitterter Glimmerschiefer.

Die Entstehung des Torfanmoores an dieser Stelle hängt zweifellos mit der stärkeren Durchnässung des Roßalpenbodens während der wärmezeitlichen Gletschervorstöße zusammen. Dasselbe gilt für die im Pasterzengebiet ungewöhnlich mächtigen Humusauflagen, die man bei einzelnen Podsol- und Pseudogleyprofilen am N-Hang der Marxwiese außerhalb der Fernaumoräne findet. Ein Beispiel dieser Art stellt Profil Nr. 4 dar, ein Pseudogley mit podsoliger Dynamik, der eine Humusauflage von 20 cm Mächtigkeit trägt.

| Profil Nr. | Bodentyp | Seehöhe in m | Standort | Horizont | Mächtigkeit cm | pH (KCl) | $CaCO_3$ % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A) Alte Böden | | | | | | |
| 32 | Braunerde | 2288 | Hoher Sattel unter Parkplatz I | A | 0–9 | 4,6 | – |
| | | | | B | 9–30(50) | 4,7 | – |
| 15 | Braunerde | 2472 | Gamsgrube, 150 m nördlich Hofmannshütte | A | 0–5(8) | 7,0 | 7,5 |
| | | | | B | 5(8)–30(50) | 7,6 | n. B. |
| 24 | Braunerde | 2585 | Kleiner Burgstall | A | 0–25 | 6,1 | – |
| | | | | B | 25–40 | 6,7 | 12,2 |
| 21 | Braunerde | 2450 | Haldenhöcker unter Mittlerem Burgstall | A | 0–12 | 7,6 | 6,0 |
| | | | | B | 12–42(48) | 7,8 | 21,2 |
| 22 | Braunerde | 2277 | Haldenhöcker unter Mittlerem Burgstall | A | 0–22 | 6,0 | |
| | | | | B | 22–36 | 5,8 | – |
| 11 | Pseudogley | 2100 | 30 m unterhalb Glocknerhaus | A | 0–5 | 7,0 | – |
| | | | | AP | 5–10 | 4,6 | – |
| | | | | P | 10–40 | 5,1 | – |
| | | | | $C_1$ | 40–42 | 5,8 | – |
| 1 | Pseudogley | 2100 | Roßalpe (Marxwiese) auf Daungrundmoräne | $A_1$ | 0–3 | 5,3 | 0,3 |
| | | | | $AP_1$ | 3–6 | 5,3 | 0,2 |
| | | | | $AP_2$ | 6–19 | 5,0 | 0,3 |
| | | | | $P_3$ | 19–35 | 5,9 | 0,2 |
| | | | | $C_1$ | 35–50 | 7,6 | 0,3 |
| 4 | Pseudogley | 2050 | N-Abfall der Roßalpe (Marxwiese) – außerhalb der innerwärmezeitlichen Moräne | $A_{00-0}$ | 20–0 | 5,8 | 0,1 |
| | | | | $A_1$ | 0–3 | 3,9 | Spuren |
| | | | | $A_2$ | 3–18 | 3,9 | – |
| | | | | $B_{vg}$ | 18–28 | 5,0 | – |
| | | | | $B_s$ | 28–60 | 5,2 | – |
| 31 | Pseudogley | 2285 | Hoher Sattel unter Parkplatz I | A | 0–7 | 5,3 | 0,2 |
| | | | | AP | 7–16 | 4,8 | – |
| | | | | $B_s$ | 16–40 | 5,1 | – |
| 5 | Podsol | 2040 | Roßalpe (Marxwiese) knapp außerhalb Fernaumoräne | $A_1$ | 0–6 | 4,0 | – |
| | | | | $A_{2e}$ | 6–12 | 3,6 | – |
| | | | | $B_s$ | 12–36 | 4,6 | – |
| | B) Junge Böden | | | | | | |
| 29 | Braunerde | 2000 | unterhalb Glocknerhaus 5 m außerhalb Fernaumoräne | A | 0–9 | 5,4 | – |
| | | | | B | 9–20 | 5,4 | 0,2 |
| 30 | Braunerde | 2033 | Roßalpe (Marxwiese) am Innenhang der Fernaumoräne | A | 0–2(3) | 5,9 | 0,2 |
| | | | | B | 2(3)–10(16) | 6,6 | 0,2 |
| 28 | Pararendsina | 2025 | unterhalb Glocknerhaus 5 m innerhalb der Fernaumoräne und innerhalb der Moräne 1856 | A | 0–3 | 5,7 | 0,1 |
| 19 | Pararendsina | 2020 | Roßalpe (Marxwiese) N-Hang auf der Moräne des Jahres 1856 | A | 0–3 | 6,6 | 1,7 |
| | | | | $C_1$ | 3–10 | 8,2 | 20,7 |
| 10 | Pararendsina | 2240 | Hoher Sattel unter Parkplatz I knapp innerhalb des Jahres der Moräne 1856 | A | 0–5(7) | 7,1 | 11,3 |
| | | | | $C_1$ | 5(7)–15(17) | 9,9 | 26,5 |
| 33 | Alpiner Rohboden | 3000 | Großer Burgstall | AC | | 6,5 | 31,5 |
| | | | | C | | 7,5 | 17,3 |

Anmerkung zu der Tabelle

Die Farbwerte der Bodenhorizonte wurden mit den Munsell Soil Colour Charts bestimmt. Die Korngrößenanalyse erfolgte für die Sandfraktion durch nasse Siebung, die abschlämmbaren Teile wurden nach der Pipettmethode von KÖHN bestimmt. Die organische Substanz wurde durch nasse Verbrennung nach WALKLEY-ARMSTRONG-BLACK ermittelt. Die N-Bestimmung erfolgte nach KJELDAHL, die $CaCO_3$-Bestimmung volumetrisch nach SCHEIBLER. Das gesamte freie Eisen wurde mit Natrium-

**von Böden der Pasterzenlandschaft**

| Gesamtgehalt im Bodenprofil in mval/dm² trockenem Boden | | | | Gesamtgehalt im Bodenprofil in g/dm² | | | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| indiz. freies Eisen pro Horiz. | ges. Prof. | ges. freies Eisen pro Horiz. | ges. Prof. | organ. Substanz | Rohton | | |
| | | | | | | | durch starke |
| 101,2 | 1011 | 2727 | 13050 | 500 | | | Verstaubung |
| 910,2 | | 10323 | | | | | sekundär mit |
| 150 | | 1860 | | | | | $CaCO_3$ ange- |
| 660 | 810 | 10300 | 12160 | 182 | | | reichert, an sich |
| 623,5 | 1178 | 5872,5 | 10890 | 740 | | | schwach verwittert. |
| 554,5 | | 5017,5 | | | | | |
| 344 | 1292 | 2888,2 | 10830 | 400 | | | |
| 948 | | 7941,8 | | | | | |
| 780 | 1185 | 6900 | 11290 | 446 | | | |
| 405 | | 4390 | | | | | |
| 102 | | 1172 | | | 263 | | schwacher Stau- |
| 97 | 1291 | 1222 | 12874 | 360 | 212 | 1720 | nässeeinfluß ober- |
| 1060 | | 10030 | | | 1195 | | flächlich |
| 32 | | 450 | | | 60 | | verstaubt. |
| 23 | | 464 | | | | | |
| 25 | | 427 | | | 95,5 | | |
| 352 | 1295 | 3530 | 13901 | 335 | 327 | 914 | |
| 298 | | 3800 | | | 492 | | |
| | | | | | | | Pseudogley mit |
| 29 | | 656 | | | | | podsoliger |
| 48 | 2635 | 3390 | 16466 | n. b. | 440 | | Dynamik |
| 370 | | 2950 | | | 420 | 2730 | |
| 2158 | | 9500 | | | 1870 | | |
| 78 | | 1963 | | | | | |
| 310 | 1121 | 2970 | 12733 | | | | |
| 732 | | 7800 | | | | | |
| 64 | | 2007 | | | 165 | | |
| 109 | 2261 | 1197 | 11550 | | 735 | 2106 | |
| 2088 | | 8346 | | | 1236 | | |
| | | | | | | | schon das unter- |
| 176 | 918 | 2388 | 5878 | 427 | | | lagernde Moränen- |
| 742 | | 3490 | | | | | material enthält |
| | | | | | | | freies Eisen. |
| 54 | 408 | 72 | 3272 | | | | |
| 354 | | 3200 | | | | | |
| | 99 | | 473 | 90 | | | Die org. Substanz |
| | | | | | | | wurde bei |
| | | | | | | | Annahme von |
| | | | | | | | 10% Deckung |
| 56 | 270 | 628 | 2078 | 134 | | | durch die |
| 214 | | 1450 | | | | | Vegetation und |
| | | | | | | | 3 cm Humus- |
| 135 | 389 | 1310 | 4590 | 68 | 421 | 670 | schicht unter den |
| 254 | | 3280 | | | 249 | | Pflanzen berechnet. |
| 78 | | 1334 | | 45 | | | |
| 154 | 232 | 1969 | 3303 | | | | |

dithionid nach MITCHELL und MACKENCIE etwas abgeändert von F. SOLAR bestimmt. Die Bestimmung des indizierten freien Eisens erfolgte mit 0,5 n $H_2SO_4$ nach MITCHELL und MACKENCIE. Auf die Angabe weiterer chemischer Analysenwerte für die untersuchten Böden wird aus Raumersparungsgründen verzichtet. Eine eingehende Untersuchung der Böden des Glocknergebietes, in der alle Analysenergebnisse mitgeteilt werden sollen, wird von R. BURGER an anderer Stelle veröffentlicht.

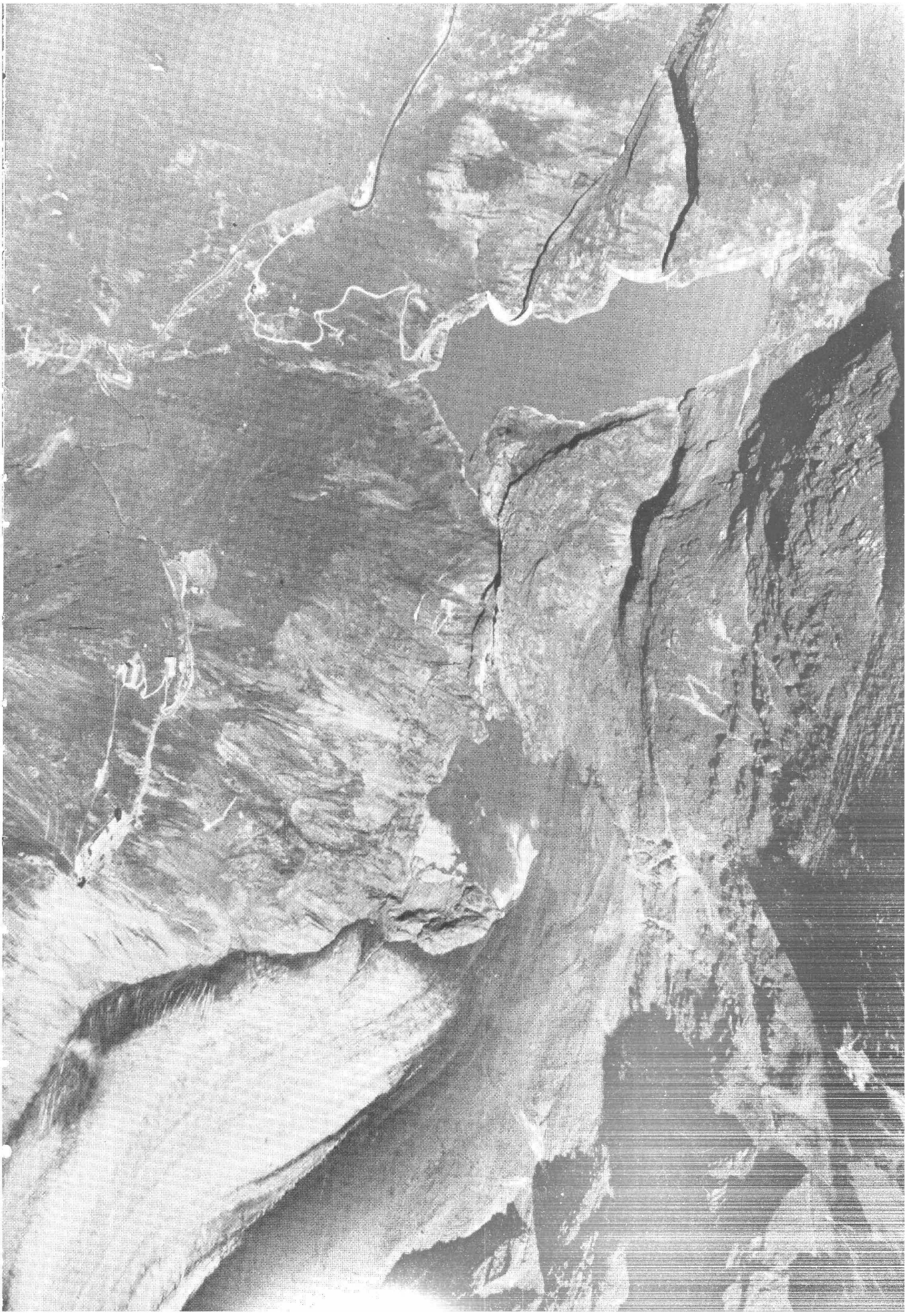
## 5. Schlußbemerkungen

Die Pasterzenlandschaft ist ein Raum, der eiszeitlich von einer nahezu geschlossenen Firn- und Gletscherdecke überlagert war. Nur die Gipfel und Grate lugten dort, wo der Wind den Schnee abwehte, als Felsinseln ohne Bodendecke aus dem weißen Mantel hervor. Was wir an Böden in der Umgebung der Pasterze finden, ist demnach jünger als die letzte Eiszeit, ja wahrscheinlich jünger als die spätglazialen Moränen. Ob im Reifungsgrad zwischen Böden auf Daun- und Egesenmoränen Unterschiede bestehen, konnten wir nicht feststellen, zwischen Böden auf Daunmoränen und solchen der wärmezeitlichen Gletschervorstöße (nach PATZELT) sind solche Unterschiede vorhanden. Es haben sich aber noch auf den jüngeren wärmezeitlichen Moränen Böden mit einem beachtlichen Reifegrad zu entwickeln vermocht. Auf ihnen liegen am Hang unter dem Glocknerhaus noch Böden mit ausgeprägter podsoliger Dynamik. Die Fernaumoräne hat auf der Marxwiese stellenweise Podsole überlagert, auf der Sturmalpe die ältere Braunerdedecke zu einem mächtigen Wall zusammengeschoben.

Noch am Hohen Sattel sind auf schon lange eisfreien Flächen reife alpine Braunerden entwickelt, im Umkreis des mittleren Pasterzenbodens treten an ihre Stelle aber mehr oder weniger unreife Bodenbildungen. Dies ist einerseits durch die hier außerordentliche starke Verstaubung der Böden bedingt, anderseits aber auch eine Folge der hohen Lage, in der für eine intensive chemische Verwitterung nicht mehr genug Wärme zur Verfügung steht. Die Humusakkumulation ist, wie schon gesagt, im Verhältnis zu derjenigen der AC-Böden auf rein karbonatischen Gesteinen gering und es kommt nicht zur Ausbildung eines typischen Pechmoders. Alpine Pseudogleye, die im Pasterzenvorfeld weiteste Verbreitung besitzen, sind im Bereiche des mittleren Pasterzenbodens viel seltener, was durch die geringere Bodenmächtigkeit und den hohen Sandgehalt bedingt sein dürfte.

In den nach 1856 vom Eise freigegebenen Räumen ist die Bodenbildung nur noch bis zum Aufbau seichtgründiger AC-Böden fortgeschritten. Es sind sehr unreife Pararendsinen, die im Zuge ihrer Entwicklung, eine mehr oder weniger weitgehende Entkalkung erfahren haben und im Laufe einer genügend langen Zeit Braunerdedynamik annehmen würden. Auf den jüngst vom Eis freigegebenen Flächen sind unter der spärlichen Pioniervegetation bisher nur Rohböden entstanden. Auch im Pasterzenvorland wird das bereits mindestens 50 Jahre eisfreie Gelände bis heute nur von Rohböden eingenommen.

Es zeigt sich somit, daß die Beschaffenheit der Bodendecke gute Anhaltspunkte für die Zeitdauer gibt, die für ihre Entwicklung zur Verfügung stand. Eine genaue zeitliche Datierung der einzelnen Moränen würde es gestatten, diese Entwicklung über bestimmte Zeitabschnitte noch genauer und schließlich für einzelne Elemente wie die Akkumulation von freiem Eisen, von Humus und von Ton graphisch darzustellen. Die Möglichkeiten die Bodengenese im Hochgebirge im Raume der Pasterzenlandschaft zu studieren, sind demnach gegenwärtig noch keineswegs restlos ausgeschöpft.



Das Gletscherende der Pasterze und der Speicher Margaritze aus der Vogelschau gesehen. Im Speicher Margaritze wird der Abfluß der Pasterze gefaßt und zum Mooserboden im Kaprunertal übergeleitet. Beim Gletscherhochstand von 1856 reichte die Pasterzenzunge über den heutigen Margaritzensee hinaus bis in die Möllschlucht. Vgl. die Beiträge von G. PATZELT und H. PASCHINGER. (Flugaufnahme vom 25. 9. 1967 von H. SLUPETZKY, freigegeben vom BMfLV mit Zl. 4.360–RAbtB/69.)

# Die Vegetationsentwicklung im Pasterzenvorfeld*

Von Bertram Zollitsch (München)

## I. Einleitung

Seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts sind die Gletscher in den Alpen in ständigem, nur von kleineren Vorstößen unterbrochenem Rückgang begriffen; sie geben Neuland für die Pflanzenbesiedlung frei. Flora und Vegetation solcher Gletschervorfelder wurden bereits unter verschiedenen Gesichtspunkten studiert, so von COAZ (1887), FAEGRI (1935), FRIEDEL (1934, 1936, 1938, 1956), LÜDI (1945, 1958), SUESSENGUTH (1952) und JOCHIMSEN (1962, 1963). Einige dieser Arbeiten befassen sich mit dem Zusammenschluß bestimmter Arten zu definierbaren Pflanzengesellschaften oder mit der räumlichen Abfolge solcher Gesellschaften mit zunehmender Entfernung vom heutigen Gletscherrand; sie betrachten also den augenblicklichen Stand und die räumliche Anordnung der Vegetation – wobei aus der Zonierung bestenfalls eine relative zeitliche Folge vermutet werden kann. Andere Arbeiten berichten über die zeitliche Veränderung der Vegetation innerhalb markierter Dauerflächen; da jedoch jeweils nur verhältnismäßig wenige Dauerflächen angelegt und diese nur wenige Jahre beobachtet wurden, ließen sich hierdurch nur kleine Sukzessionsschritte erfassen.

Um die absolute zeitliche Abfolge der gesamten Vegetation und ihre verschiedenen Entwicklungswege auf einem solchen Gletschervorfeld zu erschließen, scheint derzeit nur ein Weg gangbar, nämlich ein Gelände zu wählen, in dem die einzelnen historischen Gletscherstände räumlich sauber voneinander getrennt und exakt datierbar sind, und dort die derzeitige Vegetation und ihre verschiedenen Standortsverhältnisse möglichst umfassend zu überprüfen. Für eine solche Untersuchung bietet sich das Vorfeld der Pasterze geradezu an, da von kaum einem anderen Gletscher so viele exakte Daten über die einzelnen historischen Eisstände existieren. Dazu kommt, daß hier nicht nur die einzelnen Gletscherränder dieser letzten hundert Jahre datierbar sind, sondern jetzt auch die Grenzen des mittelalterlichen (um 1620) sowie der früh- und vorgeschichtlichen Eisstände um 1400 bzw. 4200 v. Chr. erkannt wurden. Die entsprechenden Daten verdanke ich den Herrn Prof. DR. H. PASCHINGER, Graz, und DR. G. PATZELT, Innsbruck.

## II. Die verschiedenen Alterszonen

Wie in den Vorfeldern des Rhonegletschers (COAZ 1887, LÜDI 1958), des Griesgletschers (OECHSLIN 1935, LÜDI 1958), des Großen Aletschgletschers (LÜDI 1945), des Oberen Grindelwaldgletschers (LÜDI 1958), des Gaisberggletschers (JOCHIMSEN 1963), beginnt auch im Vorfeld der Pasterze die Pflanzenbesiedlung mit *Saxifraga aizoides*, dem Quell-Steinbrech. Seine relativ kleinen und in großer Zahl produzierten Samen können leicht vom Wind transportiert werden und beinahe überall, wo genügend Wasser vorhanden ist und die Konkurrenz anderer Pflanzen fehlt, auskeimen und heranwachsen; die Pflanzen kommen meist schon im ersten Jahr zur Blüte und sind auch in ihrer Wuchsform gut an bewegte Rohböden angepaßt. Diese beim Quell-Steinbrech (*Saxifraga aizoides*) besonders stark ausgeprägten Eigenschaften machen ihn im Hochgebirge zum Pionier der Pioniere. Ähnliche Eigenschaften zeigen zwei weitere Steinbrecharten,

* Siehe auch Beilage Karte 2

der Rote Steinbrech (Blaues Steinmies, *Saxifraga oppositifolia*) und der Zweiblütige Steinbrech *(Saxifraga biflora)* – dieser allerdings in der Regel nur auf Kalkschiefern – sowie das Alpen-Leinkraut *(Linaria alpina)*. Auch einige Moose wie zum Beispiel *Bryum alpinum* und *Ceratodon purpureus* gehören zu den Pflanzen, die sich als erste auf den von der Pasterze freigegebenen Schuttflächen ansiedeln.

## 1. Zone

Auf den Böden, die erst seit 5 oder weniger Jahren eisfrei sind, treten die oben genannten Arten mit großer Stetigkeit auf (vgl. Tab. 1). Gelegentlich sind auch schon – neben einigen anderen – das Kleine Rispengras *(Poa minor)*, der Alpen-Wundklee *(Anthyllis vulneraria* ssp. *alpestris)*, das Kriechende Gipskraut *(Gypsophila repens)* und die Echte Edelraute *(Artemisia mutellina)* zu finden. Die Bedeckung solcher Böden durch die Vegetation schwankt zwischen sehr geringen Werten ($< 5\,\%$) und etwa 20 %. Im Gesamtbereich des Pasterzenvorfeldes wurden auf Böden, die seit 5 oder weniger Jahren eisfrei sind, 15 Pflanzenarten gefunden, innerhalb der einzelnen Aufnahmeflächen, deren Größe von 1 bis 100 qm schwankt, im Durchschnitt 4–7, im Maximalfall 10 Arten. Fast alle diese Arten sind extreme Standortspezialisten. In ihrem Gesamtvorkommen sind sie mehr oder weniger auf Böden beschränkt, die aus frischem, meist stark bewegtem, praktisch humusfreiem, feinsandreichem und meist sehr feuchtem Gesteinsschutt aufgebaut werden; auf anderen Böden sind sie nicht oder nur wenig konkurrenzfähig. Da von den das Pasterzenvorfeld umgebenden Rasenhängen genügend Samen auf diese jüngsten Rohböden gelangen, ist es recht erstaunlich, daß keinerlei Rasenpflanzen – vielleicht mit Ausnahme von *Anthyllis vulneraria* ssp. *alpestris*, dem Wundklee, der auch im offenen Rasen recht verbreitet ist, und von *Euphrasia minima*, dem Kleinen Augentrost – hier Fuß fassen können.

## 2. Zone

In der 2. Zone, auf Böden, die zwischen 5 und 10 Jahren eisfrei sind, wurden im Ganzen 30 Arten gefunden, innerhalb der einzelnen Aufnahmeflächen (Größe 1–50 qm) zwischen 5 und 20, am häufigsten 6–10 Arten. Entsprechend dem höheren Alter der Böden ist auch der Bedeckungsgrad höher als in der 1. Zone. Im Durchschnitt zeigten die Aufnahmeflächen eine Bedeckung von 10–20 %. In einer Aufnahme (Nr. 66/8) wurde sogar eine Bedeckung von ca. 70 % beobachtet; da der Standort dieser Aufnahme ständig von Wasser überronnen ist, also gleichsam eine Quellflur darstellt, konnte sich *Saxifraga aizoides*, der Quell-Steinbrech, hier besonders stark ausbreiten und über 50 % der gesamten Aufnahmefläche bedecken. Wie aus einem Vergleich der Tabellen 1 und 2 zu ersehen ist, sind die wichtigsten in der 2. Zone hinzukommenden Arten das Einblütige Hornkraut *(Cerastium uniflorum)*, die Frühlings-Miere *(Minuartia verna)*, die Zwerg-Gänsekresse *(Arabis pumila)*, die Echte und die Schwarze Edelraute *(Artemisia mutellina, A. genipi)*, das Bewimperte Sandkraut *(Arenaria ciliata)*, der Bleich-Klee *(Trifolium pallescens)* sowie der Salzburger und der Kleine Augentrost *(Euphrasia salisburgensis, E. minima)*.

Auch in dieser 2. Zone ist der Anteil an Pflanzenarten, die nicht auf offene Schuttböden spezialisiert sind, noch sehr gering. Es findet eine raletiv starke Auslese statt und nur wenige Arten können sich behaupten. Die Zusammensetzung der Vegetation in den beiden ersten Zonen ist also nicht dem Zufall überlassen, wenngleich dieser eine gewisse Rolle spielt. Deshalb glaube ich, daß man mit Recht auch hier schon von einer Pflanzengesellschaft, besser wohl von einer Pionier-Gesellschaft, sprechen kann. Auf den kalkschieferhaltigen Moränen des Pasterzenvorfeldes handelt es sich bei dieser Pionier-Gesellschaft um ein Saxifragetum biflorae (vgl. ZOLLITSCH 1966, 1968).

## 3. Zone

Die Flächen im Pasterzenvorfeld, die länger als 10 Jahre eisfrei sind, lassen sich nicht mehr so genau datieren. Die in Tabelle 3 zusammengefaßten Aufnahmen stammen von Stellen, die mindestens 12 und höchstens 30 Jahre eisfrei sind. Wenngleich die in der 1. und 2. Zone vorkommenden Arten auch hier noch vorherrschen, so ist doch eine Fortentwicklung in der Vegetation unverkennbar. Die in den ersten beiden Zonen recht einheitlichen Standorte (stark bewegter, sickerfeuchter Moränenschutt) tragen auch eine verhältnismäßig einheitliche Vegetation. In der 3. Zone beginnen sich die Standorte allmählich zu differenzieren. Der stark bewegte, sickerfeuchte Moränenschutt der ersten beiden Zonen kommt zumindest stellenweise zur Ruhe („Ruhschuttzone" im Gegensatz zur vorangegangenen „Lockerschuttzone" nach FRIEDEL 1938). Auf Ruhschuttböden kommt nun dem Wasserfaktor eine entscheidende Bedeutung zu; so entwickeln sich an Sickerwasserrinnen oder an Quellen ganz andere Pflanzengesellschaften, als auf Ruhschuttböden, die zumindest zeitweise stärker austrocknen. In der 3. Zone kann man also erstmals mehrere verschiedene Pflanzengesellschaften unterscheiden.

Die Aufnahmen Nr. 66/9 – 66/36 in Tabelle 3 zeigen hinsichtlich ihrer Artenzusammensetzung noch große Übereinstimmung mit den Aufnahmen in Tabelle 2. Auch hier handelt es sich um ein Saxifragetum biflorae. An manchen Stellen, an denen der Schutt sich stärker gesetzt hat und die nur mehr schwach von Sickerwasser durchflossen werden, können Übergänge zum Trisetetum spicati, einer Pflanzengesellschaft, die in der nächsten Zone voll zur Ausbildung gelangt, beobachtet werden (Tabelle 3 Aufnahmen 66/39 bis 66/24). Bezeichnend für diese Gesellschaft ist das Auftreten des Ährigen Grannenhafers *(Trisetum spicatum)*, des Zwerg-Enzians *(Gentiana nana)*, des Einblütigen Berufskrautes *(Erigeron uniflorus)*, von Rudolphs Steinbrech *(Saxifraga rudolphiana)* und anderen. In Sickerwasserrinnen und an Quellen kommt auf gefestigtem Schutt hier eine Gesellschaft vor, die große Ähnlichkeit mit dem Cratoneuro-Arabidetum W. KOCH 1928, der alpinen Gänsekresse-Tuffmoosflur, einer Gesellschaft des Cratoneurion commutati (Quellflurgesellschaften) hat (Tabelle 3 Aufnahmen 67/112–67/23). Auffällig ist hier vor allem das Vorherrschen einiger Moosarten (z. B. *Bryum pseudotriquetrum, Drepanocladus uncinatus)* und eines Straußgrases *(Agrostis stolonifera* ssp. *stolonifera)* sowie das Vorkommen von *Carex bicolor* (Zweifarbige Segge) und *Juncus triglumis* (Dreispelzige Binse).

Diese durch die unterschiedlichen Standorte bedingte Differenzierung der Vegetation in verschiedene Gesellschaften schlägt sich deutlich in der im gesamten Bereich dieser 3. Zone beobachteten Anzahl von Pflanzenarten nieder. In der 1. Zone konnten 14, in der 2. Zone 28 und hier in der 3. Zone beinahe das Dreifache der 2. Zone, nämlich 78 Arten, beobachtet werden. Die Arten, die für die verschiedenen Gesellschaften charakteristisch sind, also mehr oder weniger Standortsspezialisten darstellen, machen jedoch nur einen relativ kleinen Teil dieser 78 Arten aus. Der Boden ist hier nun soweit gefestigt, daß dem Zufall Tür und Tor geöffnet sind. Ein Großteil der 78 Arten ist nicht auf Schuttböden spezialisiert und hat teilweise sein Hauptvorkommen in ganz anderen Gesellschaften.

Der Bedeckungsgrad des Bodens durch die Vegetation schwankt in der 3. Zone zwischen 5 und 70% und ist für die verschiedenen Gesellschaften recht unterschiedlich. Am niedrigsten ist er erwartungsgemäß auf den noch nicht zu Ruhe gekommenen Schuttböden, deren Vegetation wir als Saxifragetum biflorae bezeichneten, wo er im Durchschnitt 12% beträgt. Die Übergangsgesellschaft vom Saxifragetum biflorae zum Trisetetum spicati zeigt bereits einen Bedeckungsgrad von durchschnittlich 20%. Die quellflurähnliche Gesellschaft schließlich bedeckt den Boden im Durchschnitt zu 39%, wobei vor allem die Moosarten große Flächen einnehmen.

## 4. Zone

In der 4. Zone, die Flächen einschließt, die mindestens 35 und höchstens 45 Jahre eisfrei sind, hat sich der Schutt endgültig gesetzt. Bewegungen im Schutt treten hier höchstens noch oberflächlich auf. Die Gesellschaft des Zweiblütigen Steinbrechs, das Saxifragetum biflorae, ist hier nicht mehr zu finden. Dafür kommt die Gesellschaft des Ährigen Grannenhafers, das Trisetetum spicati, gut zur Ausbildung. Aus lokalen Gründen nimmt das Trisetetum spicati den Großteil der 4. Zone ein. Da diese im wesentlichen nur das Gipfelgebiet des Elisabethfelsens umschließt, sind an nur sehr wenigen Stellen kleine Sickerwasserrinnen oder schwache Quellen vorhanden, an denen sich feuchtigkeitsliebende Gesellschaften ansiedeln und halten konnten. Auffallend gegenüber der vorangehend beschriebenen Zone ist vor allem das starke Zurücktreten des Quell-Steinbrechs *(Saxifraga aizoides)*. Er ist hier auf die nur sporadisch vorkommenden quellflurähnlichen Gesellschaften beschränkt. Die Charakterarten des Trisetetum spicati, der Ährige Grannenhafer *(Trisetum spicatum)*, die Echte und die Schwarze Edelraute *(Artemisia mutellina, A. genipi)*, der Zwerg-Enzian *(Gentiana nan)*, der Alpen-Schwingel *(Festuca alpina)* und das Einblütige Berufskraut *(Erigeron uniflorus)* sind neben den übrigen typischen Kalk- und Kalkschiefer-Schuttpflanzen wie *Saxifraga oppositifolia* (Roter Steinbrech, Blaues Steinmies), *Campanula cochleariifolia* (Kleine Glockenblume), *Poa minor* (Kleines Rispengras), *Linaria alpina* (Alpen-Leinkraut), *Cerastium uniflorum* (Einblütiges Hornkraut), *Minuartia verna* (Frühlings-Miere), *Arenaria ciliata* (Wimper-Sandkraut) und anderen hier mit hoher Stetigkeit anzutreffen.

Bezeichnend für die 4. Zone ist auch, daß vielfach schon Pionierrasengesellschaften auftreten. Die oben genannten Charakterarten des Trisetetum spicati sind zwar meist auch noch vorhanden, doch nehmen die Spaliersträucher *Salix serpyllifolia* (Quendelblättrige Weide) und *Dryas octopetala* (Silberwurz) sowie die zu Rasengesellschaften führenden Arten wie *Kobresia myosuroides* (Nacktriet), *Oxytropis campestris* (Alpen-Spitzkiel), *Helianthemum alpestre* (Alpen-Sonnenröschen), *Achillea clavenae* (Steinraute, Weißer Speik), *Trifolium pallescens* (Bleicher Klee), *Veronica fruticans* (Felsen-Ehrenpreis), *Minuartia sedoides* (Zwerg-Miere) und andere immer mehr überhand.

Das typische Trisetetum spicati (Trisetetum spicati subass. typicum) (Tabelle 4 Aufnahmen 67/1–67/12) kommt vor allem an mehr trockenen und stark den kalten Gletscherwinden ausgesetzten Stellen vor. Die an Rasenelementen reiche Ausbildung (Trisetetum spicati subass. kobresietosum myosuroidis, vergleiche ZOLLITSCH 1966, 1968) (Tabelle 4 Aufnahmen 67/13–67/6) dagegen ist nur in kleinen Mulden und an anderen geschützten und etwas feuchteren Standorten anzutreffen.

Wie bereits oben erwähnt, sind im Gipfelbereich des Elisabethfelsens, also innerhalb der 4. Zone, kaum Quellen und Sickerwasserrinnen zu finden. An den wenigen feuchten Stellen kommt es aber auch hier zur Ausbildung von quellflurähnlichen Gesellschaften, die denen der 3. Zone entsprechen, wenngleich diese hier, vor allem wegen der Übergänge zum Pionierrasen, wesentlich artenreicher sind (Tabelle 4 Aufnahmen 67/3 bis 67/18).

Innerhalb der ganzen 4. Zone schwankt der Grad der Bodenbedeckung zwischen 10 und 95%. Das typische Trisetetum spicati weist einen durchschnittlichen Bedeckungsgrad von 23% auf. Im Trisetetum spicati kobresietosum myosuroidis (Pionierrasen) ist dieser wesentlich höher und liegt im Mittel bei 84%. Die quellflurähnlichen Flächen sind im Durchschnitt zu 60% bedeckt. Gegenüber der 3. Zone hat sich die Gesamtartenzahl praktisch nicht verändert; sie beträgt hier 77 Arten. Die durchschnittliche Artenzahl der einzelnen Aufnahmen beträgt für das typische Trisetetum spicati ebenso 18 wie bei der Übergangsgesellschaft vom Saxifragetum biflorae zum Trisetetum spicati in der 3. Zone. Dagegen ist die durchschnittliche Artenzahl in der Pionierrasengesellschaft (Trisetetum spicati kobresietosum myosuroidis) wesentlich höher; sie liegt bei 26 Arten. Bei den quellflurähnlichen Gesellschaften wiederum hat sich die durchschnittliche Anzahl von Arten pro Aufnahme gegenüber der 3. Zone nur geringfügig von 23 auf 25 erhöht.

## 5. Zone

Der relativ schmale Streifen zwischen dem aufsteigenden Fels und dem Ufer des Margaritzen-Stausees am Ostfuß des Elisabethfelsens wurde als 5. Zone ausgewählt. Der Boden ist hier seit 1885 eisfrei; die Vegetation hatte also etwa 80 Jahre Zeit, sich zu entwickeln. Diese 5. Zone nimmt im gesamten Pasterzenvorfeld eine gewisse Sonderstellung ein, denn sie liegt völlig im Windschatten des Elisabethfelsens und ist somit nie den kalten, ständig von der Pasterze her wehenden Gletscherwinden ausgesetzt. So ist es nicht verwunderlich, daß die meisten Flächen hier schon einen mehr oder weniger geschlossenen Rasen tragen. Dieser wird in erster Linie von folgenden Arten aufgebaut: Nacktriet *(Kobresia myosuroides)*, Harter Schwingel *(Festuca pseudodura)*, Alpen-Rispengras *(Poa alpina)*, Jacquins Binse *(Juncus jacquinii)*, Schnee-Klee *(Trifolium pratense* ssp. *nivale)* und Alpen-Thymian *(Thymus polytrichus)*. Die Flächen innerhalb der 5. Zone, auf denen sich noch kein geschlossener Rasen entwickelt hat, werden von einem Pionierrasen bedeckt, in dem noch zahlreiche typische Schuttpflanzen wie die Kleine Glockenblume *(Campanula cochleariifolia)*, der Rote Steinbrech (Blaues Steinmies, *Saxifraga oppositifolia)*, das Kriechende Gipskraut *(Gypsophila repens)* und andere auftreten. Bezeichnend für den stellenweise zwar noch offenen, aber stark gefestigten und mit Humusstoffen angereicherten Schuttboden ist das verstärkte Auftreten von Erd- und Strauchflechten wie *Fulgensia bracteata*, *Thamnolia vermicularis* und *Stereocaulon alpinum*. Die beiden Pflanzengesellschaften, die wir innerhalb der 5. Zone unterscheiden können, sind also einmal ein Pionierrasen („offener Nacktriet-Hartschwingel-Rasen") (Tabelle 5 Aufnahmen 67/178–67/180), dessen Boden nur stellenweise einen A-Horizont erkennen läßt, und zum anderen ein mehr oder weniger geschlossener Rasen („Nacktriet-Hartschwingel-Rasen") (Tabelle 5 Aufnahmen 67/169 bis 67/171) auf einem Boden, dessen durchgehender A-Horizont eine Stärke von etwa 3–5 cm aufweist. Wie aus Tabelle 5 zu ersehen ist, kommen neben einigen bereits bei der Beschreibung des geschlossenen Rasens erwähnten Arten mehrere in beiden Gesellschaften vor, so zum Beispiel das Stengellose Leimkraut *(Silene acaulis* ssp. *longiscapa)*, die Immergrüne Segge *(Carex sempervirens)*, die Silberwurz *(Dryas octopetala)*, das Alpen-Sonnenröschen *(Helianthemum alpestre)*, der Bleiche Klee *(Trifolium pallescens)*, die Quendelblättrige Weide *(Salix serpyllifolia)* etc. Der Pionierrasen bedeckt im Durchschnitt 64 % des Bodens, der geschlossene Rasen 98 %. Die durchschnittliche Artenzahl pro Aufnahme beträgt im Pionierrasen 26, im geschlossenen Rasen 29.

## 6. Zone

Innerhalb des Moränengürtels von 1856 bleibt nun nur mehr eine Zone übrig, nämlich das Gebiet östlich des Margaritzen-Stausees. Diese 6. Zone ist mindestens 85 und höchstens 100 Jahre eisfrei. Da der Margaritzenfels und die südlich davon gelegenen Hänge stark den kalten Gletscherwinden ausgesetzt sind und der Schutt infolge der stellenweise recht starken Hangneigung nur langsam vollkommen zu Ruhe kommt, nehmen hier mäßig bewachsene Schuttflächen noch einen relativ großen Raum ein. Die in Tabelle 6 getroffene Einteilung in drei Gesellschaften ist nicht sehr klar, da die einzelnen Gesellschaften durch viele Übergänge miteinander verbunden sind.

Die erste stellt im wesentlichen noch eine typische Schuttgesellschaft dar (Tabelle 6 Aufnahmen 67/69–67/29). Rasenpflanzen sind hier nur spärlich vertreten, dagegen können die Spaliersträucher *Dryas octopetala* (Silberwurz) und *Salix serpyllifolia* (Quendelblättrige Weide) oft dominieren *(„Salix-Dryas-Spalier")*. Die Bodenbedeckung beträgt im Mittel 40 % und schwankt zwischen 10 % (Aufnahmen 67/69 und 67/31) und 90 % (Aufnahme 67/77, in der allein *Salix serpyllifolia* über 75 % des Bodens bedeckt). Die Artenzahl pro Aufnahme ist hier noch relativ gering und beträgt im Durchschnitt 18 Arten.

Die zweite Gesellschaft wird von einem mehr oder weniger geschlossenen Rasen gebildet, in dem allerdings die oben genannten Spaliersträucher noch stark vertreten sind.

Die eigentlichen Rasenpflanzen kommen hier weniger zur Geltung als in dem Rasen der 5. Zone am Ostfuß des Elisabethfelsens, was auf den hemmenden Einfluß des Gletscherwindes zurückzuführen sein dürfte. In der Artenkombination sind jedoch die Rasengesellschaften der 5. und der 6. Zone („Nacktriet-Hartschwingel-Rasen") recht ähnlich, wenngleich die durchschnittliche Artenzahl pro Aufnahme hier in der 6. Zone gegenüber der 5. Zone von 29 auf 23 absinkt. Ebenso ist der durchschnittliche Bedeckungsgrad hier etwas geringer (91 %) als in der 5. Zone (98 %).

An geschützten und sehr feuchten Stellen, vor allem am Nordosthang des Margaritzenfelsens kommt es zur Ausbildung der dritten Gesellschaft innerhalb unserer 6. Zone. Hier beherrschen kleine Weidenbüsche das Bild. Vor allem die im Durchschnitt 60–80 cm hohe Bäumchen-Weide *(Salix waldsteiniana)* kommt hier sehr gut zur Entwicklung, daneben auch die Matten-Weide (Myrten-Weide, *Salix breviserrata)* und die Spieß-Weide *(Salix hastata)*. Weitere für diese Gesellschaft typische Pflanzen sind das Alpen-Maßliebchen *(Aster bellidiastrum)*, der Alpen-Hornklee *(Lotus alpinus)*, das Wald-Vergißmeinnicht *(Myosotis silvatica)*, Jungpflanzen des Blauen Eisenhuts *(Aconitum tauricum)* und die Wald-Schmiele *(Deschampsia flexuosa)*. In dieser „Bäumchenweiden-Gesellschaft" beträgt die durchschnittliche Artenzahl pro Aufnahme 23 und der Dekkungsgrad 95 %.

## 7. Zone

An den Hängen südlich des Margaritzenfelsens unterhalb der Marxwiesen konnte PATZELT (vgl. S. 172 f.) außerhalb des Moränenwalls von 1856 an einigen Stellen den Moränenwall von 1620 finden. Die meist nur kleinen Flächen zwischen diesen beiden Moränenwällen sind demnach seit ca. 350 Jahren eisfrei und sollen uns als 7. Zone dienen. Die Vegetation bildet hier einen dicht geschlossenen Rasen. Von den Arten, die schon für den Nacktriet-Hartschwingel-Rasen in der 5. und 6. Zone charakteristisch waren, tritt hier vor allem der Harte Schwingel *(Festuca pseudodura)* stark hervor. Die neu hinzukommenden Arten wie der Bunt-Hafer *(Helictotrichon versicolor)*, die Halbkugelige Teufelskralle *(Phyteuma hemisphaericum)*, der Violette Schwingel *(Festuca violacea* ssp. *picta)*, die Preißelbeere *(Vaccinium vitis-idaea)* und andere zeigen deutlich den höheren Reifegrad sowie eine stärkere Versauerung des Bodens an. Wie aus Tabelle 7 zu ersehen ist, konnte in der 7. Zone keine weitere Gesellschaft unterschieden werden.

Der Bedeckungsgrad in diesem „Nacktriet-Hartschwingel-Bunthafer-Rasen" beträgt im Durchschnitt 99 %. Die Artenzahl liegt mit 56 für die ganze Zone relativ niedrig, was in Anbetracht der Kleinflächigkeit der Zone und der Gleichmäßigkeit des Pflanzenbestandes verständlich wird. Die durchschnittliche Artenzahl pro Aufnahme dagegen ist mit 23 ebenso hoch wie im geschlossenen Rasen der 6. Zone.

## 8. und 9. Zone

Die Entwicklung der Vegetation schreitet nicht unbegrenzt fort. Nach einer bestimmten Zeit der ständigen Weiterentwicklung wird schließlich eine Gesellschaft erreicht, die die Schluß- oder Klimaxgesellschaft darstellt. Die Zeitspanne, bis diese Schlußgesellschaft erreicht wird, kann recht unterschiedlich sein und hängt von dem jeweiligen Standort und dem Klima ab. Auch die Schlußgesellschaften selbst können sich je nach Standort und Lokalklima stark voneinander unterscheiden. Die Gesellschaften außerhalb der Moräne von 1620 stellen im Pasterzenvorfeld die für das dortige Klima und die jeweiligen Standorte typischen Schlußgesellschaften dar. Es handelt sich hierbei um das „bodensaure Alpenrosengebüsch" (Rhododendro-Vaccinietum Br.-Bl. 1927) und um das „flechtenreiche Alpenazaleen-Gesträuch" (Loiseleurio-Cetrarietum Br.-Bl. 1926). Letzteres ist auf die stark den Gletscherwinden ausgesetzten, relativ trockenen Rücken und Buckel beschränkt, das Alpenrosengebüsch dagegen auf die geschützten und feuchteren Mulden. Die extrem an windexponierte Standorte angepaßte Alpen-Azalee (Loise-

*leuria procumbens)* tritt im Loiseleurio-Cetrarietum dominierend auf und bedeckt meist mehr als 3/4 der gesamten Aufnahmefläche. Sehr auffallend sind hier auch die zahlreichen Strauchflechten wie die bräunliche, lappig zerteilte Isländische Moosflechte (Isländisch Moos, *Cetraria islandica)*, die gelbe, feiner zerteilte, runzelige Schnee-Moosflechte *(Cetraria nivalis)*, die gelblichweiße, sehr fein zerteilte Fadenflechte *(Alectoria ochroleuca)* und die weiße, relativ dicke und kaum geteilte Wurmflechte *(Thamnolia vermicularis)*. Im Alpenrosengebüsch beherrscht die Rostblättrige Alpenrose *(Rhododendron ferrugineum)* das Bild, in der Regel begleitet von der Blaubeere (Schwarzbeere, *Vaccinium myrtillus)*, der Preißelbeere *(Vaccinium vitis-idaea)* und der Rauschbeere *(Vaccinium uliginosum)*; sehr charakteristisch für das Rhododendro-Vaccinietum sind auch einige Moose und Flechten wie das Kranzmoos *(Rhytidiadelphus triquetrus)*, das Hainmoos (Etagenmoos, *Hylocomium splendens)*, das Schlafmoos *(Hypnum vaucheri)*, das Gabelzahnmoos *(Dicranum scoparium)*, die Schildflechte *(Peltigera aphthosa)* und die Alpen-Becherflechte *(Cladonia alpestris)*.

PATZELT (vgl. S. 178) konnte ca. 50 m östlich der Moräne von 1620 einen weiteren Moränenwall („spätwärmezeitliche Moräne") ausfindig machen, der etwa aus den Jahren um 1400 v. Chr. stammt und ungefähr weitere 50 m östlich von diesem eine „innerwärmezeitlichen Moräne", die er auf 4200 v. Chr. datierte. Somit ergeben sich hier nochmal zwei Alterszonen: die 8. Zone zwischen der Moräne von 1620 und der spätwärmezeitlichen von 1400 v. Chr., die seit etwa 3400 Jahren eisfrei ist, und die 9. Zone zwischen der spätwärmezeitlichen Moräne von 1400 v. Chr. und der innerwärmezeitlichen Moräne von 4200 v. Chr., die seit etwa 6200 Jahren eisfrei ist. Wie aus Tabelle 8/9 zu ersehen ist, herrschen in beiden Zonen die gleichen Vegetationsverhältnisse: in Mulden ein Alpenrosengesträuch (Tabelle 8/9 Aufnahme 67/57–67/60 und 68/29–68/26) und auf den exponierten Buckeln ein Alpenazaleen-Spalier (Tabelle 8/9 Aufnahme 67/65–67/61 und 68/33–68/32). Daraus ergibt sich folgender Schluß: Die Vegetationsentwicklung vom völlig kahlen Moränenschutt bis zur geschlossenen Schluß- bzw. Klimaxgesellschaft hat hier höchstens 3400 Jahre gedauert; daß dabei wirklich die Schlußgesellschaft erreicht wurde, ergibt sich daraus, daß die Böden, die doppelt so alt sind, immer noch die gleiche Vegetation tragen.

## III. Die verschiedenen Wege der Vegetationsentwicklung

Vergleichen wir nun die für die einzelnen Zonen angegebenen Gesellschaften miteinander, so lassen sich die Sukzessionsrichtungen und -wege aufzeigen. Im Groben betrachtet können wir vier verschiedene Wege der Vegetationsentwicklung im Pasterzenvorfeld erkennen. Diese sind in Abbildung 1 dargestellt.

Alle vier Entwicklungsreihen beginnen mit den Initialstadien der Pionier-Schuttgesellschaft des Zweiblütigen Steinbrech (Saxifragetum biflorae) in der 1. Zone (weniger als 5 Jahre eisfrei), auf stark bewegtem, sehr frischem und feuchtem Moränenschutt und gehen weiter zum voll entwickelten Saxifragetum biflorae in der 2. Zone (5 –10 Jahre eisfrei), auf immer noch stark bewegtem, nur stellenweise etwas gefestigtem, frischem und feuchtem Schutt. Nach der 2. Zone trennen sich die Wege.

Reihe A: sehr lange stark bewegt; stark windexponiert; anfangs sickerfeucht, später trocken

Die Gesellschaft der Zweiblütigen Steinbrech (Saxifragetum biflorae) der ersten beiden Zonen bleibt auf den immer noch stark bewegten und sickerfeuchten Stellen innerhalb der 3. Zone (12–30 Jahre eisfrei) mehr oder weniger unverändert erhalten (in Abbildung 1 Gesellschaft 3 A). In der 4. und 5. Zone wurden keine stark bewegten Flächen gefunden, so daß unsere Reihe A erst in der 6. Zone (85–100 Jahre eisfrei) fortgesetzt wird. Der Schutt hat sich hier in sich ganz gefestigt und ist nur mehr oberflächlich stärker bewegt. Mit der Festigung des Schuttes ist eine relative Austrocknung korreliert, das heißt das meiste Regen- und Schmelzwasser fließt nun oberflächlich ab; somit steht weniger Sickerwasser zur Verfügung und der Schutt kann in niederschlagsfreien Zeiten

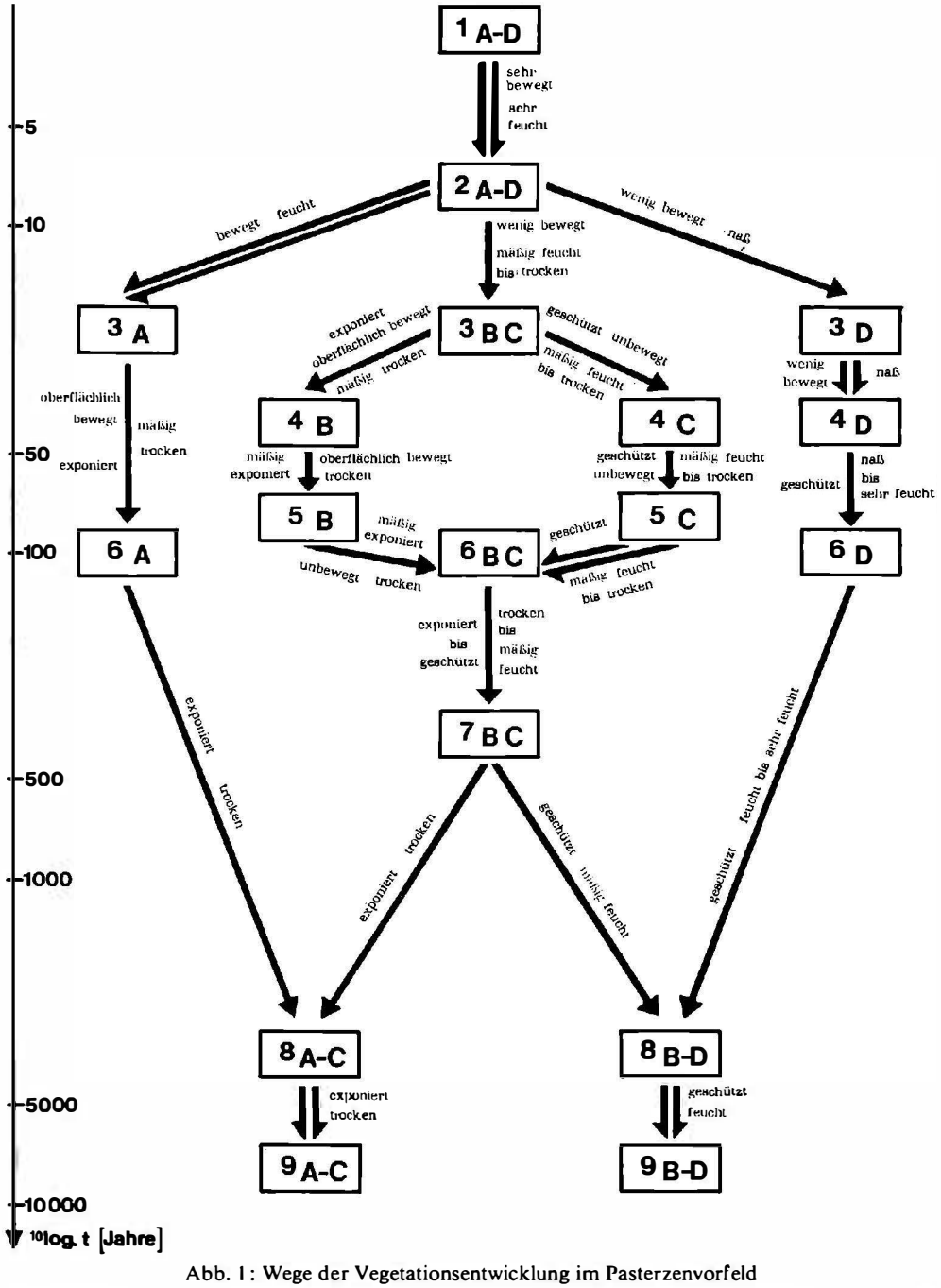



Abb. 1: Wege der Vegetationsentwicklung im Pasterzenvorfeld

Gesellschaften: $1_{A-D}$: Gesellschaft des Zweiblütigen Steinbrech (Saxifragetum biflorae) $2_{A-D}$: wie $1_{A-D}$ $3_A$: wie $1_{A-D}$ $3_{BC}$: Gesellschaft des Ährigen Grannenhafers, Initialstadium (Trisetetum spicati) $3_D$: Quellflurgesellschaft, ähnlich der Gänsekresse-Tuffmoosflur (Cratoneuro-Arabidetum) $4_B$: Gesellschaft des Ährigen Grannenhafers, typische Ausbildung (Trisetetum spicati subass. typicum) $4_C$: Gesellschaft des Ährigen Grannenhafers, Ausbildung mit Rasenelementen (Trisetetum spicati subass. kobresietosum myosuroidis) $4_D$: wie $3_D$ $5_B$: offener Nacktriet-Hartschwingel-Rasen $5_C$: Nacktriet-Hartschwingel-Rasen $6_A$: Weiden-Silberwurz-(Salix serpyllifolia-Dryas octopetala)-Spalier $6_{BC}$: wie $5_C$ $6_D$: Bäumchenweiden-Gebüsch $7_{BC}$: Nacktriet-Hartschwingel-Bunthafer-Rasen $8_{A-C}$: flechtenreiches Alpenazaleen-Gesträuch (Loiseleurio-Cetrarietum) $8_{B-D}$: bodensaures Alpenrosen-Gebüsch (Rhododendro-Vaccinietum) $9_{A-C}$: wie $8_{A-C}$ $9_{B-D}$: wie $8_{B-D}$

stärker austrocknen. Die Vegetation stellt an diesen zumindest oberflächlich noch stark bewegten, exponierten und zeitweise recht trockenen Stellen eine Schuttgesellschaft dar, in der die Quendelblättrige Weide *(Salix serpyllifolia)* und die Silberwurz *(Dryas octopetala)* sehr stark vertreten sind (in Abbildung 1 Gesellschaft 6 A). Diese bewirken durch ihre Wuchsform als Spaliersträucher eine auch oberflächliche Festigung des Schuttes. Durch ihren jährlichen Laubwurf wird der Boden stark mit organischer Substanz angereichert und kann somit zumindest oberflächlich stärker versauern. Damit wird der Weg frei für die nächste Gesellschaft in unserer Reihe A. Auf das *Salix-Dryas*-Spalier der 6. Zone folgt in der 8. Zone (3400 Jahre eisfrei) an exponierten und mäßig trockenen Standorten das flechtenreiche Alpenazaleen-Gesträuch (Loiseleurio-Cetrarietum) (in Abbildung 1 Gesellschaft 8 A–C), das als Schlußgesellschaft auch in der 9. Zone (6200 Jahre eisfrei) anzutreffen ist (in Abbildung 1 Gesellschaft 9 A–C).

Reihe B: lange zumindest oberflächlich bewegt; exponiert; trocken

In der Reihe B bilden sich in der 3. Zone (12–30 Jahre eisfrei) an weniger stark bewegten, mäßig feuchten bis trockenen Stellen Initialstadien der Gesellschaft des Ährigen Grannenhafers (Trisetetum spicati) aus (in Abbildung 1 Gesellschaft 3 BC). Diesen folgt in der 4. Zone (35–45 Jahre eisfrei) an zumindest oberflächlich noch bewegten, trockenen und windexponierten Stellen die typische Ausbildung der Gesellschaft des Ährigen Grannenhafers (Trisetetum spicati subass. typicum) (in Abbildung 1 Gesellschaft 4 B). In der 5. Zone (80 Jahre eisfrei) werden die Schuttpflanzen mehr und mehr von Rasenpflanzen verdrängt und so folgt hier auf etwas exponierten, wenig bewegten und relativ trockenen Standorten eine Pionier-Rasengesellschaft (offener Nacktriet-Hartschwingel-Rasen) (in Abbildung 1 Gesellschaft 5 B). Daran schließt in der 6. Zone (85–100 Jahre eisfrei) ein geschlossener Rasen (Nacktriet-Hartschwingel-Rasen) auf leicht exponierten, relativ trockenen und durch den Rasenschluß unbewegten Flächen (in Abbildung 1 Gesellschaft 6 BC). Der hier noch leicht kalkhaltige und somit basisch reagierende Boden wird im Laufe der Weiterentwicklung immer mehr mit organischer Substanz angereichert und seine Reaktion durch weiteres Auswaschen des Kalkes zunehmend sauer. Der Nacktriet-Hartschwingel-Rasen der 6. Zone entwickelte sich an leicht exponierten bis geschützten, trockenen bis mäßig feuchten Stellen in der 7. Zone (350 Jahre eisfrei) zu einem geschlossenen Rasen (Nacktriet-Hartschwingel-Bunthafer-Rasen), in dem schon einige Säurezeiger wie *Helictotrichon versicolor* (Bunthafer), *Phyteuma hemisphaericum* (Halbkugelige Teufelskralle) und andere auftreten (Abbildung 1 Gesellschaft 7 BC). Nach fortschreitender Reifung und Versauerung des Bodens wird der Nacktriet-Hartschwingel-Bunthafer-Rasen der 7. Zone in der 8. Zone (3400 Jahre eisfrei) schließlich von der Schlußgesellschaft abgelöst. Während aber in der 7. Zone sowohl an exponierten und trockenen als auch an geschützten und mäßig feuchten Standorten die gleiche Pflanzengesellschaft gefunden wurde, verläuft die Weiterentwicklung zur Schlußgesellschaft unterschiedlich. Auf den exponierten und trockenen Rücken und Buckeln kommt es zur Ausbildung des Loiseleurio-Cetrarietum (flechtenreiches Alpenazaleen-Gesträuch) (in Abbildung 1 Gesellschaft 8 A–C) und in den geschützten und mäßig feuchten Mulden folgt das Rhododendro-Vaccinietum (bodensaures Alpenrosen-Gebüsch) (in Abbildung 1 Gesellschaft 8 B–D). Beide Gesellschaften sind Schlußgesellschaften und kommen deshalb unverändert auch in der 9. Zone (6200 Jahre eisfrei) vor (in Abbildung 1 Gesellschaft 9 A–C bzw. 9 B–D).

Reihe C: bald unbewegt; geschützt; mäßig feucht

Wie aus Abbildung 1 zu ersehen ist, stellt die Entwicklungsreihe C eine Variante der Reihe B dar und verläuft nur in der 4. und 5. Zone anders als diese. Auf das Initialstadium des Trisetetum spicati in der 3. Zone (12–30 Jahre eisfrei) folgt hier in der 4. Zone (35–45 Jahre eisfrei) an geschützteren, bald vollkommen unbewegten und mäßig feuchten Standorten eine besondere Ausbildung der Gesellschaft des Ährigen Grannenhafers, die sehr reich an Rasenelementen ist (Trisetetum spicati subass. kobresietosum myosuroidis) (in Abbildung 1 Gesellschaft 4 C). Diese geht bereits in der 5. Zone in einen geschlossenen Rasen (Nacktriet-Hartschwingel-Rasen) über (in Abbildung 1 Gesellschaft 5 C), der in der 6. Zone (85–100 Jahre eisfrei) mehr oder weniger unverändert erhalten

bleibt (in Abbildung 1 Gesellschaft 6 BC). Die Weiterentwicklung vom Nacktriet-Hartschwingel-Rasen der 6. Zone über den Nacktriet-Hartschwingel-Bunthafer-Rasen der 7. Zone (350 Jahre eisfrei) zu den Schlußgesellschaften in der 8. und 9. Zone (3400 bzw. 7500 Jahre eisfrei) wurde bereits bei der Reihe B beschrieben.

Reihe D: bald gefestigt, nur mehr durch oberflächlich fließendes Wasser bewegt; geschützt; schr naß bis feucht

Die Reihe D schließlich zeigt die Entwicklung der Gesellschaften auf nassen, von Wasser überronnenen Standorten. Eine Herausdifferenzierung solcher Standorte (Sickerwasserrinnen und Quellagen) ist bereits nach der 2. Zone zu beobachten. In der 3. Zone (12–30 Jahre eisfrei) ist hier stellenweise schon eine recht typische Quellflurgesellschaft ausgebildet, die große Ähnlichkeit mit der alpinen Gänsekresse-Tuffmoosflur (Cratoneuro-Arabidetum) zeigt (in Abbildung 1 Gesellschaft 3 D). An den wenigen Stellen innerhalb der 4. Zone (35–45 Jahre eisfrei), an denen sich feuchtigkeitsliebende Gesellschaften halten können, konnte die gleiche Gesellschaft wie in der 3. Zone beobachtet werden (in Abbildung 1 Gesellschaft 4 D); wenn auch der Grad der Bodenbedeckung hier höher ist, so ist die Artenkombination doch in etwa die gleiche.

Nur wenige der vor allem in der 3. Zone verhältnismäßig zahlreichen Quellen sind grundwasserbedingt und bleiben im weiteren Verlauf als solche erhalten. An den grundwasserabhängigen Quellen wie zum Beispiel an der Quelle des Margaritzenbaches südlich vom Elisabethfels gehen die Quellflurgesellschaften der 3. und 4. Zone in extrem moosreiche Quellflurgesellschaften (Verband Cratoneurion commutati) über, die als Dauergesellschaften keiner nennenswerten Veränderung mehr unterliegen. Mit der Verfestigung des Schuttes geht ein ständiges Schwächerwerden der nicht grundwasserbedingten Quellen bis zu ihrem endgültigen Versiegen einher. So verschwinden auch im Laufe der Entwicklung die meisten der typischen Quellflurpflanzen. Sie werden in der 6. Zone an zwar nicht mehr nassen aber immer noch sehr feuchten und geschützten Standorten vor allem durch Weidenbüsche (Bäumchenweiden-Gesellschaft) ersetzt (in Abbildung 1 Gesellschaft 6 D). Mit der weiteren Reifung des Bodens bis zum Klimaxboden (hier ein Podsol, vgl. BURGER & FRANZ S. 255) schreitet auch die Vegetationsentwicklung weiter und so wird die Bäumchenweiden-Gesellschaft der 6. Zone in der 8. Zone (3400 Jahre eisfrei) an geschützten und jetzt nur mehr mäßig feuchten Stellen von dem bodensauren Alpenrosengebüsch (in Abbildung 1 Gesellschaft 8 B–D) abgelöst, das die Schlußgesellschaft darstellt und somit auch in der 9. Zone (6200 Jahre eisfrei) zu finden ist (in Abbildung A Gesellschaft 9 B–D).

## IV. Die Zunahme der Bodenbedeckung in den verschiedenen Entwicklungsreihen

In Abbildung 2 wurde der durchschnittliche Grad der Bodenbedeckung pro Aufnahme für die Entwicklungsreihen A, B und C graphisch dargestellt. Auf den stärker bewegten und exponierten Böden der Reihe A steigt der Bedeckungsgrad nur langsam an und erreicht nach etwa 100 Jahren (*Salix-Dryas*-Spalier der 6. Zone) erst 40 %; nach weiteren 3300 Jahren (Loiseleurio-Cetrarietum der 8. Zone) ist jedoch selbst auf diesen Böden der Endzustand von 100 % Bodenbedeckung längst erreicht. Die bis zum Vegetationsschluß zumindest oberflächlich noch bewegten, relativ trockenen und exponierten Böden der Reihe B werden am Anfang nur langsam besiedelt und erreichen nach ca. 40 Jahren (Trisetetum spicati subass. typicum in der 4. Zone) erst einen Bedeckungsgrad von 23 %. Nach etwa 60–70 Jahren sind diese Böden soweit zu Ruhe gekommen, daß Rasenpflanzen überhand nehmen und die Zunahme der Bodenbedeckung nun recht rasch verläuft. Nach 80 Jahren (offener Nacktriet-Hartschwingel-Rasen der 5. Zone) beträgt diese bereits 64 % und nach 90–100 Jahren (Nacktriet-Hartschwingel-Rasen der 6. Zone) 91 %. Mit dem Nacktriet-Hartschwingel-Bunthafer-Rasen der 7. Zone ist nach 350 Jahren der Vegetationsschluß längst erreicht.

Wesentlich rascher geht die Entwicklung zum geschlossenen Rasen auf den sehr bald unbewegten, mäßig feuchten und geschützten Böden in meist etwas muldiger Lage der

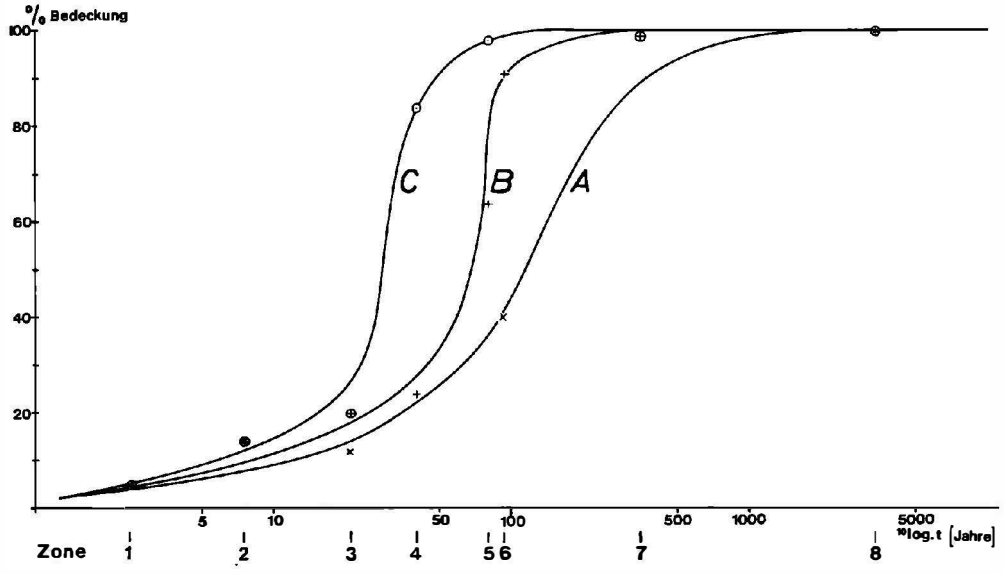



Abb. 2: Zunahme der Bodenbedeckung durch die Vegetation in den Entwicklungsreihen A, B und C

Reihe C. Wenngleich auch hier in der 3. Zone, nach 12–30 Jahren, der durchschnittliche Bedeckungsgrad erst 20 % beträgt – der Schutt der 3. Zone ist offensichtlich noch zu wenig gefestigt – so beträgt er nach ca. 40 Jahren (Trisetetum spicati subass. kobresietosum myosuroidis der 4. Zone) immerhin schon 84 % und erreicht nach 80 Jahren (Nacktriet-Hartschwingel-Rasen der 5. Zone) 98 %, was einem vollkommenen Vegetationsschluß gleichkommt.

Die Unterschiede zwischen den Entwicklungsreihen A, B und C beruhen in erster Linie in der unterschiedlichen Beweglichkeit der Schuttböden sowie der unterschiedlichen Lage zum Wind. Sie stellen also gleichsam in sich wieder eine Reihe dar, und zwar von sehr lange stark bewegten (Reihe A) zu bald unbewegten (Reihe C) bzw. von stark exponierten (Reihe A) zu geschützten (Reihe C) Standorten. Die Entwicklungsreihe D paßt nicht in diese Abfolge, da bei ihr der Wasserfaktor determinierend ist. Deshalb wurden die Ergebnisse für die Reihe D in einem eigenen Koordinatensystem dargestellt (vgl. Abbildung 4). Die Zunahme der Bodenbedeckung durch die Vegetation verläuft auf den lange sehr nassen Standorten der Entwicklungsreihe D recht gleichmäßig. Nach ca. 20 Jahren (in Abbildung 1 Gesellschaft 3 D) beträgt der durchschnittliche Bedeckungsgrad 26 %, nach ca. 40 Jahren (in Abbildung 1 Gesellschaft 4 D) bereits 60 % und erreicht nach etwa 100 Jahren (Bäumchenweiden-Gesellschaft der 6. Zone) 95 %, womit der vollkommene Vegetationsschluß erreicht ist.

## V. Die Artenzahlen der Gesellschaften in den verschiedenen Entwicklungsreihen

Nachdem in Abbildung 2 der durchschnittliche Bedeckungsgrad, also die an der Vegetation beteiligte Pflanzenmenge dargestellt wurde, bezieht sich Abbildung 3 auf die durchschnittliche Anzahl von Pflanzenarten, die am Aufbau der einzelnen Gesellschaften beteiligt sind. Diese nimmt nicht, wie man vielleicht vermuten könnte, mehr oder weniger gleichmäßig mit dem Grad der Bodenbedeckung zu, was bei einem Vergleich von Abbildung 2 mit Abbildung 3 deutlich zum Ausdruck kommt.

Die Anzahl von Moos- und Flechtenarten wurde in Abbildung 3 nicht dargestellt. Sie nimmt in den drei Entwicklungsreihen relativ gleichmäßig zu. In den ersten beiden Zonen sind nur wenige Moose und Flechten vertreten; die Durchschnittwerte ergeben hier jeweils 1 Art. Mit der 3. Zone beginnt die Zahl allmählich zu steigen, erreicht aber

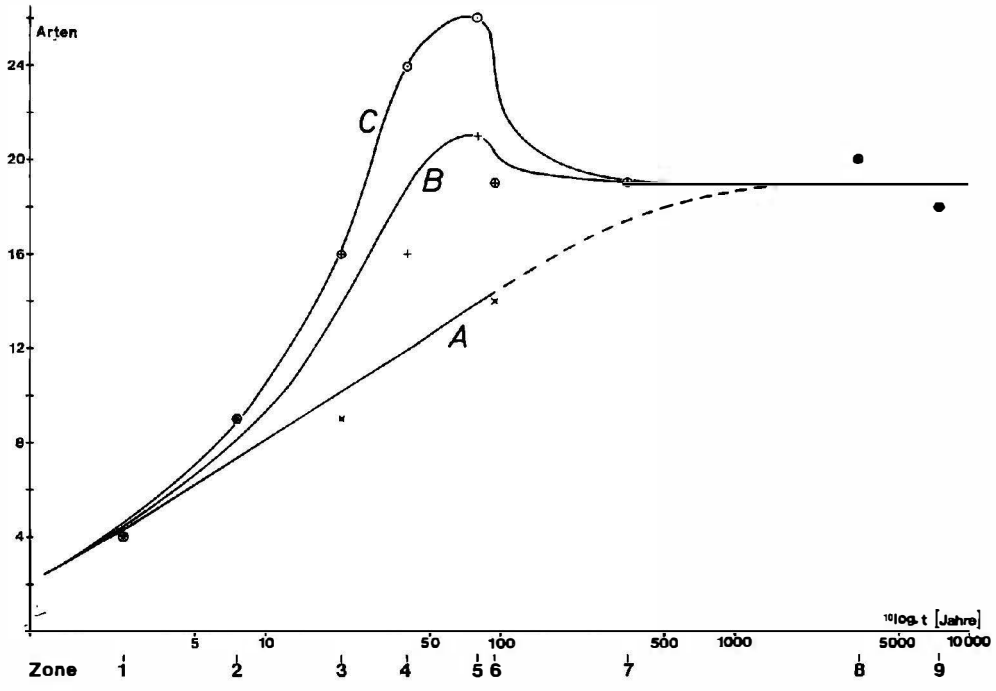



Abb. 3: Artenzahlen der Gesellschaften in den Entwicklungsreihen A, B und C

in keinem Fall mehr als 5 Arten. Wesentlich interessanter und auffälliger sind die Ergebnisse für die Blütenpflanzen und Farne, auf die sich die im folgenden genannten Zahlen ausschließlich beziehen.

In der Entwicklungsreihe A (sehr lange stark bewegt, exponiert) nimmt die Artenzahl recht gleichmäßig zu und erreicht in der 6. Zone (85–100 Jahre eisfrei) im *Salix-Dryas*-Spalier den Durchschnittswert von 14 Arten. Der weitere Verlauf der Kurve A ist nicht gesichert, da für die lange Entwicklung vom *Salix-Dryas*-Spalier zum Alpenazaleen-Spalier keine Zwischenglieder vorhanden sind.

Die Kurve für die Reihe B (lange zumindest oberflächlich bewegt, exponiert) zeigt andeutungsweise bereits ein Phänomen, welches in der Reihe C stark hervortritt. Auf eine eingehendere Besprechung der Reihe B kann verzichtet werden, da alles, was für die Reihe C gesagt werden kann, in abgeschwächter Form für die Reihe B zutrifft.

In der Reihe C steigt die Artenzahl von der 1. zur 4. und 5. Zone recht steil an, erreicht in der 5. Zone ihr Maximum und sinkt dann, zuerst steiler, dann immer flacher werdend zur 8. und 9. Zone wieder ab. Die Gesellschaft des Zweiblütigen Steinbrech (Saxifragetum biflorae) der beiden ersten Zonen wird in erster Linie von Standortsspezialisten gebildet; deshalb ist hier die Artenzahl noch recht gering (1. Zone durchschnittlich 4 Arten, 2. Zone 9 Arten). In der 3. Zone (12–30 Jahre eisfrei) beherrschen zwar die typischen Schuttpflanzen noch das Bild (Initialstadium des Trisetetum spicati), doch hat sich der Schutt hier bereits soweit gefestigt, daß relativ zahlreiche zufällige Arten Fuß fassen können; die durchschnittliche Artenzahl beträgt hier 16. Diese steigt nun in der 4. Zone (35–45 Jahre eisfrei, Trisetetum spicati subass. kobresietosum myosuroidis) auf 24 und in der 5. Zone (80 Jahre eisfrei, Nacktriet–Hartschwingel-Rasen) gar auf 26 an. Hier kommt auf rein statistische Weise eine Tatsache zum Ausdruck, die jeder aufmerksame Bergsteiger aus eigener Anschauung kennt. Es ist dies der besondere Florenreichtum in offenen bis fast geschlossenen Rasen über kalkhaltigen Schuttböden, die meist nur einen schmächtigen A-Horizont aufweisen. Hier können einmal an den mehr offenen Stellen, wo der steinige Untergrund zu Tage tritt, typische

Schuttpflanzen wie *Campanula cochleariifolia* (Kleine Glockenblume), *Gypsophila repens* (Kriechendes Gipskraut) und andere sich ansiedeln, zum anderen gibt es eine große Fülle von Pflanzenarten wie zum Beispiel *Kobresia myosuroides* (Nacktriet), *Helianthemum alpestre* (Alpen-Sonnenröschen), *Astragalus alpinus* (Alpen-Tragant), *Oxytropis campestris* (Alpen-Spitzkiel) und *Achillea clavenae* (Steinraute, Weißer Speik), die ihr Hauptvorkommen in Rasengesellschaften über kalkhaltiger Unterlage haben und schließlich reicht oft schon die geringe Ansammlung von organischer Substanz im A-Horizont des Bodens aus, um diesen zumindest oberflächlich zu versauern, so daß auch schon Arten wie *Juncus jaqcuinii* (Jacquins Binse), *Aconitum tauricum* (Blauer Eisenhut) und ähnliche Säurezeiger Fuß fassen können. Ist der vollkommene Vegetationsschluß endgültig erreicht, verschwinden die Schuttpflanzen völlig und der Gehalt an organischer Substanz im Boden nimmt relativ rasch zu, so daß bald eine zumindest oberflächliche stärkere Versauerung des Bodens eintritt. Damit verschwinden auch einige stärker an basische Böden gebundene Rasenpflanzen. Die Folge davon ist eine relativ rasche Abnahme der Artenzahl zur 6. und 7. Zone hin; in der 7. Zone (350 Jahre eisfrei, Nacktriet-Hartschwingel-Bunthafer-Rasen) beträgt sie nur mehr 19. Während der Entwicklung vom Nacktriet-Hartschwingel-Bunthafer-Rasen der 7. Zone zu der Schlußgesellschaft, dem Loiseleurio-Cetrarietum, ändert sich zwar die Artenzusammensetzung, die Artenzahl jedoch bleibt in etwa gleich. Die relative Artenarmut der Schlußgesellschaften gegenüber den Rasengesellschaften vor allem der 5. Zone wird auch dadurch bedingt, daß auf den sauren Podsol-Böden der 8. und 9. Zone Schuttpflanzen völlig fehlen und von den Kalkrasenpflanzen nur wenige in diese Gesellschaften übergreifen; schließlich ist dort die Konkurrenz von Arten wie *Rhododendron ferrugineum* (Rostblättrige Alpenrose) und *Loiseleuria procumbens* (Alpen-Azalee) so stark, daß viele andere, konkurrenzschwächere Arten nicht mehr hochkommen können.

Auch in Abbildung 3 sind die Artenzahlen für die Entwicklungsreihe D nicht eingetragen. Sie wurden, kombiniert mit den Bedeckungsprozenten, in Abbildung 4 dargestellt. Die Anzahl der Blütenpflanzen nimmt in der Reihe D (bald gefestigt, geschützt, sehr naß bis feucht) von der 2. (5–10 Jahre eisfrei) zur 3. Zone (12–30 Jahre eisfrei) recht rasch zu, erreicht in der Quellflurgesellschaft der 4. Zone (80 Jahre eisfrei) bereits

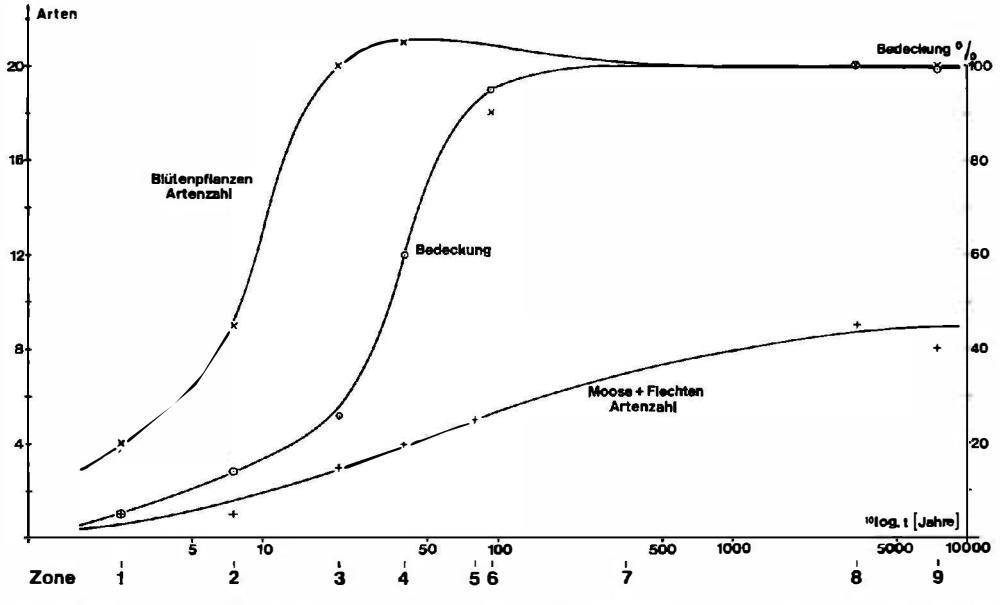



Abb. 4: Zunahme der Bodenbedeckung durch die Vegetation und Artenzahlen der Gesellschaften in der Entwicklungsreihe D

ihr Maximum (21 Arten), nimmt dann aber nur sehr wenig ab und beträgt in der Schlußgesellschaft (Rhododendro-Vaccinietum der 8. und 9. Zone) noch 20 Arten.

Die Sonderstellung der Reihe D innerhalb unserer vier Entwicklungsreihen zeigt sich auch bei der Anzahl, der am Aufbau der Vegetation beteiligten Moose und Flechten. In den Reihen A, B und C nahm die Zahl der Moos- und Flechtenarten zwar mehr oder weniger gleichmäßig, aber nur wenig zu und erreichte im Höchstfall 5 Arten. Auf den nassen Böden der Reihe D dagegen spielen die Moose und Flechten eine wesentlich stärkere Rolle. Sie sind schließlich (8. und 9. Zone) mit durchschnittlich 8 bzw. 9 Arten an der Vegetation beteiligt (vgl. Abbildung 4).

## VI. Ein Vergleich mit dem Vorfeld des Ödenwinkelkeeses

Zu den Untersuchungen im Pasterzenvorfeld wurden Paralleluntersuchungen im Vorfeld des Ödenwinkelkeeses durchgeführt. Besonders auffallend war dabei, daß sich die Vegetation im Vorfeld des Ödenwinkelkeeses – zumindest innerhalb der Moräne von 1856 – wesentlich einheitlicher und gleichförmiger entwickelte als im Pasterzenvorfeld. Eine Abgrenzung von verschiedenen Gesellschaften ist hier kaum möglich. Zahlreiche Pflanzenarten sind sowohl schon auf den jüngsten Moränenböden, als auch noch am Wall der 1856-Moräne zu finden, so zum Beispiel der Alpen-Säuerling *(Oxyria digyna)*, das Einblütige Hornkraut *(Cerastium uniflorum)*, die Alpen-Wucherblume *(Chrysanthemum alpinum)*, der Moos-Steinbrech *(Saxifraga bryoides)* und viele mehr. Eine Zunahme sowohl der Artenzahlen als auch der Bedeckungsprozente konnte zwar auch hier beobachtet werden, doch ging die Entwicklung nicht über das Stadium der Schuttgesellschaften hinaus. Das ganze, innerhalb der Moräne von 1856 gelegene Vorfeld des Ödenwinkelkeeses wird von der Säuerlingsflur (Oxyrietum digynae) eingenommen, in die auf etwas älteren Böden (60–100 Jahre eisfrei) eine Menge zufälliger Arten aus den umliegenden Gesellschaften (Hochstaudenfluren etc.) eindringen. Die Unterschiede in der Vegetation zwischen dem Vorfeld des Ödenwinkelkeeses und dem Pasterzenvorfeld werden in erster Linie durch die unterschiedliche Zusammensetzung des Moränenschuttes bedingt. Dieser besteht im Pasterzenvorfeld etwa zu gleichen Teilen aus Kalkglimmerschiefer und Prasinit, wobei die Anwesenheit des Kalkglimmerschiefers ausschlaggebend ist. Der Moränenschutt im Vorfeld des Ödenwinkelkeeses dagegen wird aus Gneisen und anderen kalkfreien Silikatgesteinen gebildet, weshalb hier schon die Böden selbst der jüngsten Moränen einen Säuregrad zwischen pH 4 und 5 aufweisen. Damit finden von vornherein die meisten Sippen, die nur auf kalkhaltigen Böden zu gedeihen vermögen, keine zusagenden Bedingungen.

Diese Unterschiede drücken sich in sehr auffallender Form auch in der Gesamtzahl der Arten aus, die in beiden Vorfeldern innerhalb der 1856er Moräne beobachtet wurde: sie beträgt für die Pasterze 170, für den Ödenwinkelkees dagegen nur 86 Arten. Diese Gegenüberstellung zeigt einmal mehr, welch hervorragende Stellung der Pasterzenlandschaft zukommt; es liegt an uns, dieses Kleinod unserer Alpen zu schützen und zu erhalten.

## Tabellen

(Aus technischen Gründen erscheint Tabelle 7 vor Tabelle 6)

## Tab. 1: weniger als 5 Jahre eisfrei

Saxifragetum biflorae, Initialstadium

| Jahr der Aufnahme | 67 | 67 | 67 | 66 | 67 | 66 | 67 | 67 | 66 | 67 | 67 | 66 | 67 | 67 | 67 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. der Aufnahme | 80 | 78 | 79 | 30 | 82 | 28 | 81 | 85 | 29 | 91 | 84 | 35 | 87 | 89 | 86 |
| Höhe in 100 m | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| Exposition | O | O | O | NW | ONO | NW | O | – | N | O | ONO | W | – | – | – |
| Neigung in Grad | 20 | –60 | 25 | 30 | 30 | 15 | 10 | 0 | 25 | 5 | 10 | 12 | 0 | 0 | 0 |
| Bedeckung in % | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | 10 | <5 | 5 | <5 | 5 | 10 | 20 | 15 |
| Größe in qm | 100 | 100 | 4 | 100 | 20 | 50 | 50 | 1 | 50 | 10 | 20 | 2 | 2 | 20 | 1 |
| Artenzahl | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 10 |
| *Saxifraga aizoides* | r | +.2 | –.2 | –.2 | +.2 | 1.3 | +.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 2.2 | 2.3 |
| *Saxifraga oppositifolia* | . | r.2 | –.2 | r.2 | +.2 | +.2 | +.2 | . | +.2 | 1.2 | +.2 | +.2 | 1.3 | 2.2 | 1.2 |
| *Saxifraga biflora* | . | . | . | +.2 | +.2 | +.2 | +.2 | 1.3 | 1.2 | +.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 | 1.2 | . |
| *Linaria alpina* | . | . | . | . | . | + | . | +.2 | +.2 | +.2 | . | +.2 | 1.2 | . | +.2 |
| *Bryum alpinum* | . | . | . | . | . | . | r.2 | +.2 | +.2 | +.2 | +.2 | +.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| *Ceratodon purpureus* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | +.2 | +.2 |
| *Poa minor* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | +.2 | r |
| *Anthyllis vulneraria alpestris* | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | + | . | . | +.2 | 1.2 |
| *Gypsophila repens* | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | –.3 | +.2 | . | . | . |
| *Artemisia mutellina* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 |
| *Saxifraga rudolphiana* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | +.2 | . |
| Sonstige (Anzahl) | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 1 | – | – | 2 |

Aufn. 67/80: 19. 8. 1967. An der seit 1964 eisfreien Steilstufe zwischen Oberen und Unteren Pasterzenboden, ca. 20 m vom Fuß des Felsens entfernt, 2110 m; flachgründiger Moränenschutt, unruhige Formen, stark bewegt, sehr feucht.

Aufn. 67/78: 19. 8. 1967. Bei Aufn. 67/80, ca. 40 m vom Fuß des Felsens entfernt, 2100 m; frischer, feuchter, relativ tiefgründiger Moränenschutt, stark bewegt.

Aufn. 67/79: 19. 8. 1967. Bei Aufn. 67/80, unmittelbar am Fels, 2102 m; ähnlich Aufn. 76/80.

Aufn. 66/30: 10. 9. 1966. Beim rechten (südlichen) Zungenende, unmittelbar am Eisrand, 2120 m; sehr grobblockig, dazwischen reichlich Feinschutt, sehr feucht und bewegt.

Aufn. 67/82: 19. 8. 1967. Südlich Aufn. 67/80, am mittleren Felsvorsprung, 2100 m; ähnlich Aufn. 67/80.

Aufn. 66/28: 10. 9. 1966. Bei Aufn. 66/30, ca. 10 m vom Eisrand entfernt, 2094 m; sehr feinsandreicher, stark bewegter, feuchter Moränenschutt.

Aufn. 67/81: 19. 8. 1967. Bei Aufn. 67/80, 5 m vom Fuß des Felsens entfernt, 2115 m; neben Schmelzwasserrinne, sehr feucht und reich an eingeschwemmten Feinschutt, zeitweise stark bewegt.

Aufn. 67/85: 19. 8. 1967. Zwischen Oberen und Unteren Pasterzenboden, ca. 3 m breiter Spalt zwischen dem mittleren Felsvorsprung und dem Hauptfels, 2100 m; Felsspalten mit Moränenschuttauflage, bewegt.

Aufn. 66/29: 10. 9. 1966. Bei Aufn. 66/30, ca. 15 m vom Eisrand entfernt, 2100 m; ähnlich Aufn. 66/28.

Aufn. 67/91: 19. 8. 1967. Südlich Aufn. 67/80, am Fuß des mittleren Felsvorsprunges, ca. 3 m über dem maximalen Spiegel des Pasterzensees, 2070 m; Grob- und Feinschutt, bewegt, mäßig feucht.

Aufn. 67/84: 19. 8. 1967. Bei Aufn. 67/85, bei der Öffnung des Spaltes, 2105 m; wie Aufn. 67/85.

Aufn. 66/35: 10. 9. 1966. Bei Aufn. 66/30, ca. 15 m vom Eisrand entfernt, 2096 m; wie Aufn. 66/30. *Euphrasia minima* (r).

Aufn. 67/87: 19. 8. 1967. Südlich Aufn. 67/80, 2085 m; sehr feinschuttreiche, flache Stelle im Fels, geschützt, kaum bewegt.

Aufn. 67/89: 19. 8. 1967. Bei Aufn. 67/91, ca. 1 m über dem maximalen Spiegel des Pasterzensees, direkt am Fels, 2068 m; sehr feinschuttreich und feucht, durch Schmelzwasser zeitweise stärker bewegt, relativ geschützt.

Aufn. 67/86: 19. 8. 1967. Unterhalb Aufn. 67/85, flache Stelle in Fels, 2090 m; feinschuttreich, kaum bewegt, geschützt, feucht. *Saxifraga bryoides* (r), *Trifolium pallescens* juv. (r).

## Tab. 2: 5–10 Jahre eisfrei

Saxifragetum biflorae

| Jahr der Aufnahme | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 67 | 67 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. der Aufnahme | 31 | 3 | 7 | 2 | 8 | 1 | 34 | 33 | 99 | 97 |
| Höhe in 100 m | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| Exposition | N | SW | O | W | W | SSW | W | W | S | SSW |
| Neigung in Grad | 35 | 30 | 40 | 10 | 5 | 25 | 15 | -5 | 10 | 10 |
| Bedeckung in % | 10 | 15 | 10 | 5 | 70 | 10 | 20 | 30 | 20 | 5 |
| Größe in qm | 25 | 6 | 4 | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 16 | 50 |
| Artenzahl | 5 | 6 | 7 | 6 | 10 | 9 | 8 | 20 | 14 | 10 |
| *Saxifraga aizoides* | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 1.2 | 4.3 | 1.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 1.2 |
| *Saxifraga oppositifolia* | 1.2 | 2.2 | +.2 | +.2 | +.2 | 2.2 | 1.3 | 1.2 | +.2 | +.2 |
| *Saxifraga biflora* | 1.2 | +.2 | +.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 2.2 | . | +.2 |
| *Linaria alpina* | 1.3 | 1.2 | 1.2 | + | . | +.2 | +.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 |
| *Poa minor* | . | +.2 | . | +. | 1.1 | r.2 | . | +.2 | 1.2 | . |
| *Cerastium uniflorum* | . | . | +.2 | . | +.2 | +.2 | . | +.2 | . | . |
| *Minuartia verna* | . | . | . | +.2 | +.2 | . | r.2 | +.2 | . | . |
| *Arabis pumila* | . | . | . | . | +.2 | r.2 | . | +.2 | . | . |
| *Gypsophila repens* | . | . | . | . | . | +.2 | +.2 | +.2 | +.2 | +.3 |
| *Bryum alpinum* | . | . | . | . | . | . | +.2 | +.2 | . | . |
| *Artemisia mutellina* | . | . | . | . | . | . | . | + | +.2 | . |
| *Artemisia genipi* | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | +.2 | +.2 |
| *Arenaria ciliata* | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | +.2 | . |
| *Trifolium pallescens* | . | . | +.2 | | | | | | 1.2 | +.2 |
| *Anthyllis vulneraria alpestris* | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.3 | +.2 |
| *Euphrasia salisburgiensis* | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.1 | + |
| *Braya alpina* | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | +. | . |
| *Euphrasia minima* | . | + | r | . | . | . | . | + | . | . |
| Sonstige (Anzahl) | 1 | – | – | – | 2 | 1 | 1 | 6 | 2 | 1 |

Aufn. 66/31: 10. 9. 1966. Unterer Pasterzenboden, beim rechten (südlichen) Zungenende, ca. 25 m vom Eisrand entfernt, 2101 m; typischer Moränenschutt, viele grobe Blöcke, dazwischen sehr viel Feinschutt, bewegt, feucht. *Saxifraga bryoides* (r.2).

Aufn. 66/3: 8. 9. 1966. Unterer Pasterzenboden, nahe dem südlichen Ende des Pasterzensees, 2070 m; geringe Moränenschuttauflage über Fels, feucht.

Aufn. 66/7: 8. 9. 1966. Nahe Aufn. 66/3, 2072 m; tiefgründiger Moränenschutt, sehr reich an Feinschutt, bewegt, mäßig feucht.

Aufn. 66/2: 8. 9. 1966. Nahe Aufn. 66/3, 2067 m; kleine Mulde mit sehr viel sandigem und tonigem Material, zeitweise überschwemmt, sehr feucht, bewegt.

Aufn. 66/8: 8. 9. 1966. Unterer Pasterzenboden, am südöstlichen Ende des Pasterzensees, 2074 m; ähnlich Aufn. 66/2. *Hutchinsia brevicaulis* (+.2), *Mniobryum albicans* (+.2).

Aufn. 66/1: 8. 9. 1966. Nahe Aufn. 66/3, 2068 m; ähnlich Aufn. 66/3. *Ditrichum flexicaule* (+.2).

Aufn. 66/34: 10. 9. 1966. Nahe Aufn. 66/31, ca. 30 m vom Eisrand entfernt, 2096 m; oberflächlich wenig, tiefer sehr viel Feinschutt, feucht. *Silene pusilla* (+.2).

Aufn. 66/33: 10. 9. 1966. Neben Aufn. 66/31, 2098 m; weniger bewegt, sehr feucht und feinschuttreich. *Agrostis stolonifera ssp. stolonifera* (+.2), *Minuartia sedoides* (+.2), *Silene acaulis* (r.2), *Bartsia alpina* (r), *Achillea clavenae* (+.2), *Bryum intermedium* (1.2).

Aufn. 67/99: 19. 8. 1967. Unterer Pasterzenboden, unterhalb der Franz-Josefs-Höhe, NNW-lich des Felsens „29", 2074 m; typischer Moränenschutt, mäßig feucht. *Achillea clavenae* (+), *Festuca alpina* (+.2).

Aufn. 67/97: 19. 8. 1967. Nahe Aufn. 67/99, 10 m westlich des Felsens „29", 2071 m; Moränen- und Bachschutt, durch Schmelzwasser bewegt und öfter überschüttet, sehr feucht. *Drepanocladus uncinatus* (+.2).

## Tab. 3: 12–30 Jahre eisfrei

3 A: Saxifragetum biflorae  3 BC: Trisetetum spicati, Initialstadium  3 D: Quellflurgesellschaft

| | 3 A | | | | | | | | | | | | | | | | 3 BC | | | | | 3 D | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jahr der Aufnahme | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 67 | 67 | 67 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 66 | 67 |
| Nr. der Aufnahme | 9 | 23 | 21 | 37 | 24 | 22 | 111 | 26 | 110 | 14 | 38 | 27 | 12 | 36 | 39 | 25 | 22 | 25 | 27 | 24 | 112 | 113 | 5 | 23 |
| Höhe in 100 m | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| Exposition | – | NW | W | NW | NW | NW | – | NW | SW | W | WNW | NW | W | N | W | S | W | WNW | O | N | SO | SSO | WSW | – |
| Neigung in Grad | 0 | 10 | 30 | 15 | 25 | 35 | 0 | 40 | 30 | 25 | 20 | 25 | 20 | 5 | 5 | 40 | 20 | 40 | 30 | 5 | 5 | 10 | −5 | 0 |
| Bedeckung in % | 5 | 5 | 10 | 5 | 30 | 20 | 5 | 5 | 10 | 30 | 10 | 15 | 10 | 10 | 30 | 25 | 15 | 5 | 30 | 20 | 30 | 30 | 70 | 25 |
| Größe in qm | 4 | 9 | 4 | 10 | 4 | 4 | 20 | 20 | 4 | 5 | 10 | 6 | 10 | 4 | 2 | 4 | 4 | 10 | 4 | 4 | 4 | 6 | 6 | 20 |
| Artenzahl | 8 | 5 | 14 | 8 | 6 | 7 | 6 | 9 | 12 | 17 | 13 | 12 | 11 | 16 | 20 | 21 | 21 | 12 | 16 | 22 | 25 | 27 | 21 | 22 |
| *Saxifraga aizoides* | 1.2 | 2.2 | 1.2 | 1.2 | 2.3 | 2.2 | 1.3 | 1.2 | +.2 | 3.2 | 2.2 | 1.3 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.3 | 1.2 | 1.2 | . | 2.2 | 1.2 | 1.3 | 2.2 | 2.2 |
| *Saxifraga oppositifolia* | 1.2 | +.2 | 2.3 | 1.2 | +.2 | +.2 | 1.3 | 1.2 | +.2 | +.2 | 2.2 | 2.3 | +.2 | 2.2 | 2.2 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | +.2 | 2.3 | 1.3 | 1.3 | . | +.2 |
| *Saxifraga biflora* | +.2 | 1.2 | +.2 | +.2 | 2.2 | 1.2 | . | +.2 | . | +.2 | 1.2 | +.2 | +.2 | 1.2 | +.2 | +.2 | . | . | . | +.2 | . | . | . | . |
| *Linaria alpina* | +.2 | . | +.2 | +.2 | . | +.2 | +.2 | 1.2 | 1.2 | . | +.2 | 1.2 | +.2 | +.2 | +.2 | 1.2 | +.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 | . | +.2 | . | +.2 |
| *Poa minor* | + | + | . | r.2 | +.2 | . | . | 1.2 | +.2 | 2.1 | +.2 | 1.1 | – | + | + | 2.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | . | 1.1 |
| *Cerastium uniflorum* | . | + | 1.2 | +.2 | +.2 | +.2 | . | 1.2 | . | +.2 | +.2 | +.2 | . | +.2 | +.2 | . | +.2 | +.2 | . | +.2 | . | . | +.2 | . |
| *Minuartia verna* | . | . | . | +.2 | +.2 | +.2 | . | +.2 | . | +.2 | +.2 | +.2 | +.2 | +.2 | r.2 | +.2 | −.2 | r.2 | +.2 | +.2 | . | +.2 | 1.2 | . |
| *Artemisia genipi* | +.2 | . | . | . | . | . | 1.2 | +.2 | 1.2 | +.2 | . | +.2 | 1.2 | . | +.2 | . | +.2 | +.2 | . | 1.2 | . | 1.2 | . | + |
| *Gypsophila repens* | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | +.2 | +.2 | . | . | 1.2 | . | . | +.2 | +.3 | . | 1.3 | . | 2.3 | 2.3 | . | 1.2 |
| *Euphrasia minima* | . | . | . | . | . | . | . | . | + | + | r. | . | . | + | + | . | 1.1 | . | . | 1.1 | + | 1.1 | . | + |
| *Silene pusilla* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | +.2 | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 |
| *Anthyllis vulneraria alp.* | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | +.2 | . | . | 1.2 | . | r | 1.2 | . | 1.2 | +.2 | +.2 | 1.3 | 1.2 | +.2 | . |
| *Artemisia mutellina* | . | . | . | . | . | . | 1.2 | . | . | . | +.2 | +.2 | +.2 | +.2 | . | 1.2 | . | r | +.2 | +.2 | +.2 | +.2 | . | . |
| *Campanula cochleariifolia* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | r | +.2 | +.2 | . | +.2 | . | +.2 | 1.2 | +.2 | +.2 |
| *Achillea clavenae* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | + | . | . | . | +.2 | +.2 | + | +.2 |
| *Trisetum spicatum* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r.2 | . | . | . | 1.2 | +.2 | + | +.2 | +.2 | . | . | . | +.2 | . |
| *Arabis pumila* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | +.2 | . | +.3 | . | +.2 | . | . | . | . |
| *Saxifraga rudolphiana* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.3 | . | . | . | +.2 | . | . | . | . |
| *Arenaria ciliata* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | +.2 | +.3 | . | +.2 | . | . |
| *Gentiana nana* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . |
| *Erigeron uniflorus* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | + | . | . | . | . | . |
| *Veronica fruticans* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | +.2 | . | +.2 | . | . | . |
| *Bryum muehlenbeckii* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | +.2 | +.2 | 1.2 | . | . | . | . |
| *Thymus polytrichus* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2.3 | . | +.2 | . | . | . |
| *Salix serpyllifolia* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | . | . | . | . |
| *Dryas octopetala* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.3 | . | . | . | . |
| *Bryum pseudotriquetrum* | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | 1.2 | . | +.2 |
| *Silene acaulis* | r.2 | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.3 | +.3 | +.2 | +.2 | 1.3 | +.2 |
| *Agrostis stolonifera* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2.2 | +.2 | 3.4 | 2.2 |
| *Drepanocladus uncinatus* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | 1.2 | +.2 | 3.2 | 2.2 |
| *Carex bicolor* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | 1.2 |
| *Juncus triglumis* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 |
| *Poa alpina* | . | . | + | . | . | 1.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | 1.2 | . | . | . | . | . | +.2 | . | +.2 |
| *Ditrichum flexicaule* | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | +.2 | +.2 | . | . | . | +.2 | 1.2 | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Trifolium pallescens* | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | +.2 | . | +.2 |
| *Sedum atratum* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | + | . | . | 1.1 | + | . | + | . |
| *Arabis alpina* | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | + | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Saxifraga paniculata* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | +.2 | . | . |
| *Minuartia sedoides* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Trichostomum crispulum* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . |
| *Salix waldsteiniana* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | + | + | . | . | + |
| *Trisetum distichophyllum* | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . |
| *Brachythecium trachypod.* | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Tofieldia calyculata* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | +.2 |
| *Bryum cirhatum* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Festuca supina* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | +.2 | . | . | . | . | . | . | . |
| *Hypnum callichroum* | . | . | 1.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 |
| *Saxifraga bryoides* | +.2 | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Festuca alpina* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | +.2 | . | . |
| Sonstige (Anzahl) | – | – | 4 | – | – | – | – | – | 1 | 4 | – | – | – | 2 | 3 | 1 | 1 | – | 1 | – | 5 | 6 | 8 | 1 |

Aufn. 66/9: 8. 9. 1966. Unterer Pasterzenboden, am östlichen Ufer des Pasterzensees, 2066 m; abgeschliffener Fels mit dünner Schuttauflage, sehr viel Feinschutt, mäßig feucht.
Aufn. 66/23: 10. 9. 1966. Elisabethfels, W-Hang, 2112 m; flache Mulde in Moräne, sehr feinschuttreich und feucht.
Aufn. 66/21: 10. 9. 1966. Elisabethfels, W-Hang, 2120 m; abgeschliffener Fels mit geringer Schuttauflage. *Oxyria digyna* (+.2), *Thamnolia vermicularis* (+.2), *Brachythecium salebrosum* (+.2), *Homomallium incurvatum* (+.2).
Aufn. 66/37: 10. 9. 1966. Unterer Pasterzenboden, nahe dem rechten (südlichen) Zungenende, 2098 m; sehr feinschuttreich, Feinschutt eingeschwemmt durch fließendes Wasser. zeitweise stärker bewegt, sehr feucht.
Aufn. 66/24: 10. 9. 1966. Elisabethfels, W-Hang, 2112 m; typischer Moränenschutt, grobe Blöcke, dazwischen Schutt mit hohem Anteil an feinem Material, wenig bewegt, mäßig feucht.
Aufn. 66/22: 10. 9. 1966. Elisabethfels, W-Hang, 2115 m; sehr feinschuttreich (sandig bis vor allem tonig), sickerfrisch bis feucht, kann oberflächlich zeitweise stärker austrocknen.
Aufn. 67/111: 19. 8. 1967. Unterer Pasterzenboden, am Ostufer des Pasterzensees, unterhalb des Felsens „27", 1 m über maximalem Seespiegel, 2066 m; eben, unbewegt, feinschuttreich, feucht.
Aufn. 67/26: 2. 8. 1967. Elisabethfels, W-Hang, nahe dem Sattel zum Margaritzenbach, 2130 m; reich an sandigem Feinschutt, stark bewegt, mäßig feucht.
Aufn. 67/110: 19. 8. 1967. Unterer Pasterzenboden, am Ostufer des Pasterzensees, kurz oberhalb des Felsens „27", ca. 5 m über maximalem Seespiegel, 2070 m; relativ trockener, feinsandreicher Moränenschutt. *Oxytropis campestris* (+.2).
Aufn. 66/14: 2. 8. 1967. Unterer Pasterzenboden, am Ostufer des Pasterzensees, ca. 6 m über maximalem Seespiegel, 2071 m; abgeschliffener Fels mit flachgründiger, feinschuttreicher Moränenauflage, relativ trocken. *Doronicum glaciale* (+), *Hypnum vaucheri* (+.2), *Cerastium fontanum* (+.2), *Mniobryum albicans* (+.2).
Aufn. 66/38: 10. 9. 1966. Nahe Aufn. 66/37, 2102 m; typischer Moränenschutt, mäßig feucht.
Aufn. 66/27: 10. 9. 1966. Nahe Aufn. 66/37, 2121 m; leicht beweglicher, feinschuttreicher, relativ trockener Moränenschutt.
Aufn. 66/12: 8. 9. 1966. Nahe Aufn. 66/9, ca. 2 m über dem maximalen Seespiegel, 2064 m; wie Aufn. 66/38.
Aufn. 66/36: 10. 9. 1966. Wie Aufn. 66/37, flachere Stelle vor dem letzten Steilabfall zum Eis, 2098 m; feinschuttreicher, kaum bewegter, mäßig feuchter Moränenschutt. *Bryum kunzei* (+.2), *Bryum pallescens* (+.2).
Aufn. 66/39: 10. 9. 1966. Neben Aufn. 66/36, ca. 30 m vom Eisrand entfernt, 2100 m; ähnlich Aufn. 66/36. *Arenaria biflora* (+.2), *Hypnum revolutum* (+.2), *Campylopus subulatus* (+.2).
Aufn. 66/25: 10. 9. 1966. Moränenhang oberhalb des rechten (südlichen) Zungenendes, 2127 m; sehr feinschuttreicher, relativ trockener Moränenschutt. *Distichium inclinatum* (+.2).
Aufn. 67/22: 2. 8. 1967. Elisabethfels, W-Hang, 2114 m; abgeschliffener Fels mit flachgründiger (bis 20 cm) Moränenschuttauflage, feinschuttreich, ruhig, windexponiert, mäßig feucht. *Gentiana prostrata* (–).
Aufn. 67/25: 2. 8. 1967. Elisabethfels, SW-Hang, nahe dem Sattel zum Margaritzenbach, 2130 m; sehr feinschuttreich, leicht beweglicher, mäßig feuchter Schutt.
Aufn. 67/27: 2. 8. 1967. Bei Aufn. 67/25, 2130 m; ähnlich Aufn. 67/25, etwas weniger bewegt. *Veronica aphylla* (–.2).
Aufn. 67/24: 2. 8. 1967. Elisabethfels, SW-Hang, ebene Stelle NW-lich des Sattels zum Margaritzenbach, 2124 m; feinschuttreicher, feuchter Moränenschutt.
Aufn. 67/112: 19. 8. 1967. Unterer Pasterzenboden, am Fuße der östlichen, von der Franz-Josefshöhe herabziehenden Rampe, fast ebene Terrasse, 2082 m; feinschuttreicher, feuchter bis sehr feuchter Moränenschutt. *Parnassia palustris* (+), *Linum catharticum* (+), *Helianthemum alpestre* (+.3), *Bryum schleicheri* (+.), *Festuca pulchella* (+.2).
Aufn. 67/113: 19. 8. 1967. Neben Aufn. 67/112, 2080 m; ähnlich Aufn. 67/112. *Salix breviserrata* (+.2), *Euphrasia salisburgiensis* (+.2), *Achillea atrata* (–.2), *Leontodon hispidus* (+), *Astragalus helveticus* (+.2), *Poa nemoralis* (–).
Aufn. 66/5: 8. 9. 1966. Unterer Pasterzenboden, am NW-Fuß des Elisabethfelsens, beim Ausfluß des Pasterzensees, 2068 m; sehr reich an sandigem und tonigem Material, sehr feucht bis naß, tiefgründiger Moränenschutt. *Deschampsia caespitosa* (1.2), *Leontodon hispidus* (1.2), *Rhabdoweisia fugax* (+.2), *Tussilago farfara* (+.2), *Arabis soyeri* ssp. *jacquinii* (+.2), *Sesleria ovata* (+.2), *Trifolium pratense* ssp. *nivale* (+.2), *Gentiana tenella* (+).
Aufn. 67/23: 2. 8. 1967. Elisabethfels, SW-Hang, ebene Stelle NW-lich des Sattels zum Margaritzenbach, 2123 m; sehr reich an eingeschwemmten Feinschutt, zeitweise überschwemmt, sehr feucht. *Salix retusa* (+.2).

## Tab. 4: 35–45 Jahre eisfrei

4 B: Trisetetum spicati subass. typicum 4 C: Trisetetum spicati subass. kobresietosum myosuroidis 4 D: Quellflurgesellschaft

| | 4 B | | | | | | | | | 4 C | | | | | | | 4 D | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jahr der Aufnahme | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 |
| Nr. der Aufnahme | 1 | 2 | 4 | 10 | 11 | 17 | 16 | 15 | 12 | 13 | 14 | 5 | 9 | 7 | 8 | 6 | 3 | 20 | 19 | 18 |
| Höhe in 100 m | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 21 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 21 | 22 | 22 | 22 | 22 | 21 | 21 | 21 |
| Exposition | N | W | – | W | O | W | WNW | W | SSO | – | SW | – | – | – | O | O | W | WNW | WSW | WNW |
| Neigung in Grad | 30 | 25 | 0 | 35 | –5 | 10 | 35 | 40 | 10 | 0 | –5 | 0 | 0 | 0 | 5 | 10 | –5 | 30 | 30 | 20 |
| Bedeckung in % | 10 | 10 | 20 | 30 | 40 | 10 | 20 | 10 | 60 | 90 | 90 | 80 | 50 | 95 | 95 | 90 | 50 | 40 | 50 | 60 |
| Größe in qm | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 | 4 | 20 | 20 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 16 | 1 | 2 |
| Artenzahl | 17 | 20 | 18 | 14 | 17 | 26 | 20 | 11 | 22 | 30 | 26 | 23 | 28 | 20 | 30 | 22 | 19 | 27 | 25 | 27 |
| *Trisetum spicatum* | 1.2 | +.2 | 1.2 | –.2 | 2.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 | 2.2 | 3.3 | + | + | 2.2 | 2.2 | 2.2 | . | +.2 | . | . |
| *Artemisia genipi* | +.2 | +.2 | +.2 | –.2 | 1.2 | +.2 | +.2 | 1.2 | +.2 | +.2 | +.2 | r. | + | \| | ·\| | r | . | +.2 | + | +.2 |
| *Artemisia mutellina* | ·\|.2 | . | . | –.2 | 1.2 | +.2 | +.2 | 1.2 | +.2 | 1.2 | 1.2 | . | 1.2 | . | \|.2 | ·\|.2 | . | +.2 | . | . |
| *Saxifraga oppositifolia* | 2.2 | 2.2 | 2.3 | 1.3 | 2.3 | 1.3 | 2.3 | 1.3 | +.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 2.2 | . | \|.2 | . | . | 2.3 | 1.2 | 1.2 |
| *Minuartia verna* | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 | +.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | –.2 | –.2 | 1.2 | ·\|.2 | 1.2 | . | +.2 | +.2 | +.2 |
| *Erigeron uniflorus* | + | ·\| | 1.1 | + | + | 1.2 | + | – | + | 1.1 | + | + | + | + | ·\| | · | . | . | r | + |
| *Arenaria ciliata* | +.2 | 1.2 | –.2 | . | 1.2 | . | +.2 | +.2 | +.2 | 1.2 | . | 1.2 | 1.2 | . | +.2 | +.2 | . | +.2 | +.2 | +.2 |
| *Gentiana nana* | + | + | 1.1 | . | + | + | . | . | 1.2 | 1.1 | . | . | + | . | · | . | . | · | . | . |
| *Dicranum fuscescens* | +.2 | +.2 | +.2 | . | ·\|.2 | ·\|.2 | +.2 | . | +.2 | +.2 | –.2 | –.2 | +.2 | . | . | . | +.2 | . | . | 1.2 |
| *Euphrasia minima* | + | + | + | ·\| | ·\| | . | + | . | · | 1.1 | + | + | 1.1 | . | + | + | . | 1.1 | r. | + |
| *Campanula cochleariifolia* | . | . | –.2 | . | ·\|.2 | \|.2 | . | . | . | +.2 | 1.2 | +.2 | 1.2 | . | +.2 | +.2 | . | . | . | 1.2 |
| *Trichostomum crispuum* | . | . | +.2 | . | ·\|.2 | ·\|.2 | . | . | +.2 | +.2 | . | . | +.2 | . | +.2 | +.2 | 1.2 | \|.2 | . | . |
| *Poa minor* | + | + | + | . | . | 1.2 | 1.2 | . | 1.2 | + | 1.1 | . | . | . | . | . | + | 1.2 | . | 1.2 |
| *Linaria alpina* | ·.2 | ·.2 | + 2 | +.2 | ·\|.2 | \|.2 | +.2 | +.2 | + | . | +.2 | . | . | . | . | +.2 | . | \|.2 | + | . |
| *Cerastium uniflorum* | 1.2 | . | +.2 | +.2 | ·\|.2 | ·\|.2 | +.2 | +.2 | ·.2 | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | ·\|.2 | . | 1.2 |
| *Festuca alpina* | 1.2 | +.2 | . | . | . | ·\|.2 | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | \|.2 | . | +.2 |
| *Trisetum distichophyllum* | . | . | . | 2.2 | . | . | . | . | 3.3 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Salix serpyllifolia* | r | 1.2 | +.2 | . | . | ·\|.2 | . | . | 1.3 | . | 2.3 | 2.3 | 2.3 | . | 2.3 | 3.4 | 3.4 | 1.2 | +.2 | . |
| *Dryas octopetala* | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | 1.3 | +.2 | 1.3 | . | . | . | 2.3 | 1.3 | 2.3 | . |
| *Anthyllis vulneraria alp.* | . | . | . | . | . | r | . | . | + | 1.2 | 3.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 3.2 | +.2 | . | – | +.2 |
| *Achillea clavenae* | . | +.2 | +.2 | . | . | r | . | . | . | +.2 | 2.2 | – | · | 2.3 | +.2 | 1.2 | . | +.2 | r | r |
| *Oxytropis campestris* | . | . | . | . | . | . | r | \| | ·.2 | 1.2 | +.2 | +.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 | 1.2 | . | . | . | . |
| *Trifolium pallescens* | . | . | . | . | . | . | . | . | \| | 2.3 | +.2 | . | . | 1.2 | 3.3 | +.2 | . | . | . | . |
| *Veronica fruticans* | . | . | . | . | . | 1.2 | . | . | . | 1.2 | 1.2 | . | . | +.2 | +.2 | ·.2 | . | . | . | +.2 |
| *Helianthemum alpestre* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | +.2 | 1.2 | 3.4 | 2.2 | . | . | +.2 | . |
| *Kobresia myosuroides* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.3 | 1.3 | . | ·.2 | . | . | . | . | . |
| *Minuartia sedoides* | . | . | . | . | . | . | +.3 | . | . | . | . | . | 2.3 | . | 1.2 | . | . | . | ·\|.3 | . |
| *Agrostis stolonifera* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.3 | ·\|.2 | . | +.2 | 2.2 | 2.2 | . | 1.2 | . | . | . |
| *Salix retusa* | . | ·.2 | r | . | . | . | . | . | . | . | . | 2.3 | +.2 | 1.2 | . | . | 2.3 | . | 2.3 | +.2 |
| *Saxifraga aizoides* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | +.2 | \|.2 | 2.2 |
| *Carex bicolor* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | +.2 | 1.2 | . | . | +.2 |
| *Silene pusilla* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | 1.2 |
| *Bryum pseudotriquetrum* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | \|.2 | 2.2 |
| *Drepanocladus uncinatus* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | 1.2 | 3.3 |
| *Juncus triglumis* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | 1.2 |
| *Poa alpina* | +.2 | + | . | . | . | . | +.2 | +.2 | . | 1.2 | 1.2 | . | . | 2.2 | +.2 | 1.2 | . | . | . | +.2 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Veronica aphylla* | . | . | . | + | . | 1.2 | +.2 | . | . | −.2 | . | +.2 | . | . | + | +.2 | . | +.2 | +.2 | +.2 |
| *Silene acaulis* | . | . | . | . | . | 1.2 | +.3 | . | . | +.2 | . | +.3 | . | . | . | . | . | +.2 | . | +.2 |
| *Bryum cirhatum* | . | . | . | 1.2 | . | . | . | . | . | . | −.2 | . | +.2 | . | +.2 | . | +.3 | . | . | . |
| *Peltigera rufescens* | . | . | . | . | . | +.2 | +.2 | . | +.2 | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | +.2 | . | . |
| *Distichium capillaceum* | +.2 | . | +.2 | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | . |
| *Lomatogonium carinthiacum* | . | . | . | + | + | r | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Gentiana prostrata* | . | . | . | . | + | r | . | . | + | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . |
| *Festuca supina* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | . | . | . | +.2 | +.2 | +.2 |
| *Carex capillaris* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | −.2 | +.2 | . | . | . | +.2 | . | −.2 | . |
| *Sedum atratum* | . | . | . | . | . | . | . | . | + | + | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . |
| *Festuca pumila* | . | . | . | 1.3 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | . | . | . | +.3 | . | . |
| *Polygonum viviparum* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | + | . | + | . |
| *Trifolium badium* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | +.2 | +.2 | . | . | . | . | . | . |
| *Parnassia palustris* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | + | . | . | + | . | . | . | . | . |
| *Salix herbacea* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | +.2 | . | . |
| *Salix waldsteiniana* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | 1.2 | . | . | . |
| *Salix reticulata* | . | 1.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.3 | . | . | . |
| *Botrychium lunaria* | . | . | . | . | r | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Draba dubia* | . | . | . | . | . | r | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Trifolium pratense nivale* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . |
| *Helianthemum grandiflorum* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | 2.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Leontodon hispidus* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | . |
| *Pinguicula alpina* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | +.2 |
| *Mniobryum albicans* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | +.2 |
| Sonstige (Anzahl) | − | 2 | − | − | − | 1 | − | − | − | − | 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | − | 2 | 1 | − | − |

Aufn. 67/1: 2. 8. 1967. Elisabethfels, westlicher Gipfel, 2156 m; feinschuttreicher, relativ trockener Moränenschutt, apert früh aus, stark windexponiert.
Aufn. 67/2: 2. 8. 1967. Elisabethfels, neben Aufn. 67/1, 2156 m; wie Aufn. 67/1. *Cetraria islandica* (+.2), *Solorina bispora* (+.2).
Aufn. 67/4: 2. 8. 1967. Elisabethfels, ca. 10 m westlich vom Gipfel, 2154 m; ähnlich Aufn. 67/1.
Aufn. 67/10: 2. 8. 1967. Elisabethfels, ca. 30 m westlich vom Gipfel, 2154 m; oberflächlich wenig, tiefer viel Feinschutt, stark windexponiert, kaum bewegt, kein Hangwasser, deshalb relativ trocken.
Aufn. 67/11: 2. 8. 1967. Elisabethfels, neben Aufn. 67/10, 2154 m; wie Aufn. 67/10, weniger stark windexponiert.
Aufn. 67/17: 2. 8. 1967. Elisabethfels, NW-Hang, 2150 m; feinschuttreicher, unbewegter Moränenschutt, mäßig feucht bis trocken, stark windexponiert. *Dianthus glacialis* (+.2).
Aufn. 67/16: 2. 8. 1967. Elisabethfels, W-Hang, 2154 m; oberflächlich wenig, tiefer sehr viel Feinschutt, trocken, stark windexponiert.
Aufn. 67/15: 2. 8. 1967. Elisabethfels, neben Aufn. 67/16, 2154 m; wie Aufn. 67/16.
Aufn. 67/12: 2. 8. 1967. Elisabethfels, S-Hang, 2154 m; wie Aufn. 67/16.
Aufn. 67/13: 2. 8. 1967. Elisabethfels, 3 m südlich von Aufn. 67/12, 2154 m; leichte Mulde, sehr feinschuttreich, weniger windexponiert, unbewegt, relativ trocken.
Aufn. 67/14: 2. 8. 1967. Elisabethfels, Gipfel, im Windschatten der westlichsten Moräne, 2154 m; leicht muldig, feinschuttreich, unbewegt, relativ trocken. *Astragalus alpinus* (+.2), *Galium anisophyllum* (+).
Aufn. 67/5: 2. 8. 1967. Elisabethfels, ca. 10 m westlich vom Gipfel, 2154 m; ähnlich Aufn. 67/14, mäßig feucht bis trocken. *Stereocaulon alpinum* (+.2).
Aufn. 67/9: 2. 8. 1967. Elisabethfels, ca. 20 m westlich vom Gipfel, 2150 m; feinschuttreicher, mäßig feuchter, unbewegter Moränenschutt, kaum windexponiert. *Byrum pendulum* (+.2), *Andraea crassinerva* (+.2).
Aufn. 67/7: 2. 8. 1967. Elisabethfels, neben Aufn. 67/9, 2151 m; wie Aufn. 67/9. *Veronica alpina* (+), *Lotus corniculatus* (2.3), *Carex atrata* (+.2).
Aufn. 67/8: 2. 8. 1967. Elisabethfels, neben Aufn. 67/9, 2151 m; wie Aufn. 67/9. *Gentiana tenella* (+), *Hedysarum hedysaroides* (+.2), *Luzula spicata* (+).
Aufn. 67/6: 2. 8. 1967. Elisabethfels, nahe Aufn. 67/9, 2152 m; wie Aufn. 67/9.
Aufn. 67/3: 2. 8. 1967. Elisabethfels, ca. 10 m westlich vom Gipfel, 2155 m; feinschuttreicher, sickerfrischer Moränenschutt, relativ stark windexponiert. *Salix breviserrata* (+.2), *Hypnum vaucheri* (+.2).
Aufn. 67/20: 2. 8. 1967. Elisabethfels, WNW-Grat, 2140 m; abgeschliffener Fels mit geringer Schuttauflage (bis maximal 30 cm), oberflächlich wenig, tiefer viel Feinschutt, windexponiert, feucht. *Astragalus helveticus* (1.2).
Aufn. 67/19: 2. 8. 1967. Elisabethfels, NW-Hang, 2142 m; flachgründiger, kaum bewegter, feinschuttreicher Moränenschutt, sehr feucht.
Aufn. 67/18: 2. 8. 1967. Elisabethfels, NW-Hang, 2145 m; ähnlich Aufn. 67/19.

## Tab. 5: ca. 80 Jahre eisfrei

5 B: offener Nacktriet-Hartschwingel-Rasen 5 C: Nacktriet-Hartschwingel-Rasen

| | 5 B | | | | | | | 5 C | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jahr der Aufnahme | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 |
| Nr. der Aufnahme | 178 | 182 | 177 | 181 | 183 | 179 | 180 | 169 | 170 | 168 | 174 | 173 | 175 | 176 | 172 | 171 |
| Höhe in 100 m | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Exposition | – | N | – | S | S | O | S | O | O | O | O | O | O | O | NO | OSO |
| Neigung in Grad | 0 | 5 | 0 | 15 | 10 | 10 | 5 | 30 | 30 | 15 | 10 | 10 | 30 | 20 | 20 | 20 |
| Bedeckung in % | 20 | 20 | 70 | 70 | 90 | 90 | 90 | 100 | 100 | 95 | 95 | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Größe in qm | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Artenzahl | 23 | 25 | 30 | 25 | 30 | 24 | 22 | 18 | 24 | 24 | 34 | 31 | 35 | 32 | 33 | 35 |
| *Arenaria ciliata* | +.2 | 1.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Campanula cochleariifolia* | +.2 | 1.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | +.2 | . | . | . |
| *Saxifraga oppositifolia* | 1.2 | 1.2 | +.3 | 1.2 | +.2 | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Gypsophila repens* | 1.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 | 1.3 | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Saxifraga paniculata* | . | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Dicranum fuscescens* | 1.2 | . | +.2 | 1.2 | +.2 | 1.2 | 1.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Euphrasia salisburgenisis* | . | 1. | + | + | + | + | 1.1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Fulgensia bracteata* | 1.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Thamnolia vermicularis* | . | 1.2 | +.2 | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Stereocaulon alpinum* | 1.2 | 1.2 | +.2 | . | . | +.2 | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Trichostomum crispulum* | 1.2 | . | +.2 | . | . | . | +.2 | . | . | 1.2 | . | . | . | +.2 | . | . |
| *Erigeron uniflorus* | 1.2 | + | . | + | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . |
| *Euphrasia minima* | + | . | + | . | . | + | + | 1.1 | . | 1.1 | 1.1 | + | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| *Silene acaulis* | . | . | 1.3 | 1.3 | +.3 | 1.3 | . | 1.3 | 1.3 | 1.3 | +.3 | . | +.3 | . | . | +.3 |
| *Achillea clavenae* | . | +.2 | . | +.2 | 1.2 | +.2 | +.2 | . | + | + | + | + | . | +.2 | + | +.2 |
| *Carex capillaris* | . | +.2 | 1.2 | +.3 | 1.2 | +.2 | 1.2 | 1.2 | . | . | +.2 | +.2 | . | 1.2 | 1.2 | 2.2 |
| *Astragalus alpinus* | . | . | +.2 | . | +.2 | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . |
| *Cladonia pyxidata* | +.2 | . | 1.2 | +.2 | . | . | +.2 | +.2 | +.2 | . | +.3 | . | . | . | . | . |
| *Oxytropis campestris* | . | . | +.2 | +.2 | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . |
| *Carex sempervirens* | . | . | 1.3 | . | . | . | 1.3 | . | 1.2 | . | . | . | 1.3 | 3.4 | . | . |
| *Dryas octopetala* | 1.3 | . | 3.3 | +.2 | 3.3 | 2.3 | 2.3 | 1.3 | 1.2 | 3.3 | 1.2 | 1.3 | 1.2 | 1.3 | 3.3 | . |
| *Salix serpyllifolia* | 1.3 | 2.3 | 2.3 | 3.4 | 2.3 | 4.5 | 2.3 | 5.5 | 1.2 | 1.2 | 5.5 | 2.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | . |
| *Helianthemum alpestre* | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 3.3 | 1.2 | 3.3 | . | 1.2 | 3.3 | +.4 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | . |
| *Agrostis stolonifera* | . | . | +.2 | . | 1.2 | . | . | . | . | . | +.2 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | +.2 | +.2 |
| *Tofieldia calyculata* | . | . | 1.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 | 1.2 | . | +.2 | . | 1. | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 |
| *Trifolium pallescens* | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | . |
| *Anthyllis vulneraria alp.* | +.2 | +.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 2.2 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 2.2 |
| *Festuca pseudodura* | –.2 | . | +.3 | . | 1.3 | +.3 | 1.2 | 2.3 | 2.2 | . | –.3 | . | 2.3 | . | 1.2 | 2.3 |
| *Kobresia myosuroides* | +.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 2.2 | 1.2 | 4.4 | 2.2 | 1.2 | 3.2 | 4.4 | 2.2 | . | 2.2 |
| *Trifolium pratense nivale* | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | 1.2 | . | +.2 | +.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | . |
| *Poa alpina* | . | +.2 | . | . | . | 1.2 | . | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 2.2 | 1.2 | . | +.2 | . |
| *Thymus polytrichus* | . | . | . | . | 1.2 | . | . | +.2 | 1.2 | +.2 | . | +.2 | . | 1.3 | +.2 | 1.2 |
| *Leontodon hispidus* | . | . | . | + | +.2 | . | . | . | +.2 | +.2 | + | +.2 | +.2 | +.2 | . | +.2 |
| *Tussilago farfara* | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | . | + | +.2 | + | 1.2 | 1.2 | +.2 |
| *Juncus jacquinii* | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.3 | 1.2 | . | 1.3 | 1.2 | 3.3 | 3.2 | 3.3 |
| *Polygonum viviparum* | . | . | . | . | 1.1 | . | . | . | . | 1.1 | + | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| *Parnassia palustris* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | + | . | 1. | 1.2 | 1.2 | 1.1 |
| *Veronica fruticans* | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | +.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | . | . | . |
| *Trifolium badium* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | +.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 | +.2 |
| *Aster bellidiastrum* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | 1.2 | . | +.2 |
| *Festuca pulchella* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | 1.2 | 2.2 | . | . |
| *Salix hastata* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | 1. | 1.2 | + | . |
| *Salix waldsteiniana* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | + | . | 1.2 | 1.2 |
| *Salix breviserrata* | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | 1.2 | + | 1.2 |
| *Anthoxanthum odoratum* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | +.2 | 1.2 | . |
| *Deschampsia caespitosa* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | 1.2 | 2.3 |
| *Conocephalum conicum* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | +.2 |
| *Bartsia alpina* | . | . | . | . | +.2 | +.2 | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | +.2 |

| | 5 B | | | | | | | 5 C | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jahr der Aufnahme | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 |
| Nr. der Aufnahme | 178 | 182 | 177 | 181 | 183 | 179 | 180 | 169 | 170 | 168 | 174 | 173 | 175 | 176 | 172 | 171 |
| Höhe in 100 m | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Exposition | — | N | — | S | S | O | S | O | O | O | O | O | O | O | NO | OSO |
| Neigung in Grad | 0 | 5 | 0 | 15 | 10 | 10 | 5 | 30 | 30 | 15 | 10 | 10 | 30 | 20 | 20 | 20 |
| Bedeckung in % | 20 | 20 | 70 | 70 | 90 | 90 | 90 | 100 | 100 | 95 | 95 | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Größe in qm | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Artenzahl | 23 | 25 | 30 | 25 | 30 | 24 | 22 | 18 | 24 | 24 | 34 | 31 | 35 | 32 | 33 | 35 |
| *Coeloglossum viride* | . | . | . | . | . | — | — | . | . | . | + | . | . | . | + | r |
| *Homomallium incurvatum* | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | 2.3 | 1.2 | . | 1.2 | . | . | . | 1.2 |
| *Cerastium fontanum fonta.* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Veronica aphylla* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Hypnum vaucheri* | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | 1.2 | . | . | . | 1.2 | . | . |
| *Lomatogonium carinthiacum* | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.1 | + | . | . | 1.1 | . | . | . |
| *Minuartia verna* | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | . | +.2 | . | . | . | . | . | +.2 |
| *Minuartia sedoides* | . | 1.2 | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Gentiana prostrata* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | —.2 | . | r | . |
| *Polytrichum juniperinum* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | +.2 | . | . | . | 1.2 |
| *Cetraria islandica* | . | . | . | +.2 | . | . | . | +.2 | +.2 | . | . | . | . | . | . | . |
| *Cetraria cucullata* | . | +.2 | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | —.2 | . |
| *Salix reticulata* | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | —.2 | . | . | +.2 | . |
| *Pinguicula alpina* | . | . | +.2 | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | —.2 | . | . | . |
| Sonstige (Anzahl) | 4 | 4 | 4 | 1 | 3 | 1 | 2 | — | 2 | 2 | 5 | 2 | 4 | 2 | 1 | 7 |

Aufn. 67/178: 15. 9. 1967. Ostfuß des Elisabethfelsens, östlich der Lacke, 2040 m; abgeschliffener Fels mit flachgründiger Moränenschuttauflage, relativ exponiert, Wurzelfilz + Moder unter Graspolstern bis 3 cm stark, relativ trocken, etwas beweidet. *Toninia lobulata* (1.2), *Leontopodium alpinum* (+.2), *Solorina bispora* (—.2), *Myurella julacea* (+.2).

Aufn. 67/182: 15. 9. 1967. Ostfuß des Elisabethfelsens, auf kleinem Buckel, 2035 m; wie Aufn. 67/178. *Sesleria varia* (+.3), *Primula minima* (+), *Artemisia genipi* (+), *Artemisia mutellina* (1.2).

Aufn. 67/177: 15. 9. 1967. Ostfuß des Elisabethfelsens, neben Aufn. 67/178, 2040 m; ähnlich Aufn. 67/178. *Pedicularis rostratocapitata* (+.2), *Saxifraga aizoides* (+.2), *Astragalus helveticus* (—.2), *Bryum pseudotriquetrum* (1.2).

Aufn. 67/181: 15. 9. 1967. Ostfuß des Elisabethfelsens, ca. 20 m nördlich von Aufn. 67/178, 2035 m; ähnlich Aufn. 67/178, etwas stärker exponiert. *Dianthus sylvestris* (+.2).

Aufn. 67/183: 15. 9. 1967. Ostfuß des Elisabethfelsens, 50 m nördlich der Lacke, 2040 m; ähnlich Aufn. 67/178. *Galium anisophyllum* (—), *Dianthus sylvestris* (1.2), *Sesleria varia* (+.2).

Aufn. 67/179: 15. 9. 1967. Ostfuß des Elisabethfelsens, östlich Lacke, 2035 m; ähnlich Aufn. 67/178. *Larix decidua juv.* (r).

Aufn. 67/180: 15. 9. 1967. Ostfuß des Elisabethfelsens, neben Aufn. 67/179, 2035 m; ähnlich Aufn. 67/178. *Epipactis atropurpurea* (+), *Festuca pumila* (1.2).

Aufn. 67/169: 15. 9. 1967. Ostfuß des Elisabethfelsens, auf kleiner Rippe bei der Lacke, 2039 m; unbewegter Moränenschutt, geschützt, kaum Hangwasser, deshalb nur mäßig feucht bis trocken, Wurzelfilz + Moder bis 4 cm stark, etwas beweidet.

Aufn. 67/170: 15. 9. 1967. Ostfuß des Elisabethfelsens, 2 m unterhalb Aufn. 67/169, 2037 m; ähnlich Aufn. 67/169. *Peltigera aphtosa* (1.2), *Silene vulgaris* (+.2).

Aufn. 67/168: 15. 9. 1967. Ostfuß des Elisabethfelsens, 2 m oberhalb Aufn. 67/169, 2040 m; ähnlich Aufn. 67/169. *Helianthemum grandiflorum* (1.2), *Carex firma* (+.2).

Aufn. 67/174: 15. 9. 1967. Ostfuß des Elisabethfelsens, 10 m östlich von Aufn. 67/169, auf ähnlicher Rippe, 2039 m; ähnlich Aufn. 67/169. *Salix retusa* (+.2), *Bryum pseudotriquetrum* (+.2), *Vaccinium uliginosum* (+), *Sagina saginoides* (+.2), *Gentiana tenella* (+).

Aufn. 67/173: 15. 9. 1967. Ostfuß des Elisabethfelsens, 2 m oberhalb Aufn. 67/174, 2040 m; ähnlich Aufn. 67/169. *Silene vulgaris* (+.2), *Helianthemum grandiflorum* (+.2).

Aufn. 67/175: 15. 9. 1967. Ostfuß des Elisabethfelsens, 3 m unterhalb Aufn. 67/174, 2037 m; ähnlich Aufn. 67/169. *Campanula scheuchzeri* (+), *Carex bicolor* (1.2), *Festuca rubra* ssp. *commutata* (1.3), *Veronica alpina* (+.2).

Aufn. 67/176: 15. 9. 1967. Ostfuß des Elisabethfelsens, 6 m unterhalb Aufn. 67/174, am unteren Ende der Rippe, 2036 m; ähnlich Aufn. 67/169. *Linum catharticum* (1.1), *Campanula scheuchzeri* (+).

Aufn. 67/172: 15. 9. 1967. Ostfuß des Elisabethfelsens, 30 m südlich Aufn. 67/169, 2030 m; ähnlich Aufn. 67/169. *Peltigera aphtosa* (+.2).

Aufn. 67/171: 15. 9. 1967. Ostfuß des Elisabethfelsens, 4 m unterhalb Aufn. 67/169, 2036 m; ähnlich Aufn. 67/169. *Salix retusa* (1.2), *Linum catharticum* (1.1), *Galium anisophyllum* (+), *Lotus corniculatus* (+.2), *Rhododendron ferrugineum* juv. (+), *Alchemilla subcrenata* (+), *Aconitum tauricum* juv. (r).

## Tab. 7: ca. 350 Jahre eisfrei

Nacktriet-Hartschwingel-Bunthafer-Rasen

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jahr der Aufnahme | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 |
| Nr. der Aufnahme | 51 | 54 | 50 | 55 | 48 | 52 | 53 | 68 | 66 | 67 |
| Höhe in 100 m | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Exposition | NNNW | | N | NNW | W | ONO | ONO | SW | SW | SW |
| Neigung in Grad | 10 | 30 | 25 | 25 | 20 | 40 | 40 | 10 | 20 | 15 |
| Bedeckung in % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 95 | 100 |
| Größe in qm | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Artenzahl | 22 | 21 | 25 | 22 | 22 | 22 | 22 | 24 | 18 | 23 |
| *Salix serpyllifolia* | 2.3 | 2.3 | +.2 | 1.3 | . | . | . | . | . | . |
| *Astragalus alpinus* | 2.3 | 1.2 | . | . | . | +.2 | . | . | . | . |
| *Minuartia sedoides* | 1.2 | 2.3 | . | . | 3.4 | 1.3 | . | . | . | . |
| *Poa alpina* | 1.2 | 1.2 | +.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 2.2 | . | . | . |
| *Hypnum vaucheri* | 1.2 | +.2 | +.2 | 1.2 | 1.2 | . | +.2 | . | . | . |
| *Myosotis alpestris* | + | . | + | . | . | 1.2 | 1.2 | . | . | . |
| *Syntrichia ruralis* | + | +.2 | +.2 | +.2 | +.2 | 1.2 | +.2 | . | . | . |
| *Trifolium pallescens* | 1.2 | +.2 | 1.2 | +.2 | +.2 | . | 1.2 | 2.2 | . | . |
| *Festuca pumila* | 1.2 | 1.2 | 3.3 | 2.3 | +.2 | . | . | 1.2 | 1.2 | . |
| *Dryas octopetala* | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | . | . | . | . | 3.3 | 2.3 |
| *Helianthemum alpestre* | 1.2 | 2.3 | 1.2 | 1.3 | 2.2 | 2.2 | . | 3.3 | 2.3 | 1.3 |
| *Euphrasia minima* | + | . | + | . | + | . | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| *Polygonum viviparum* | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 2.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| *Festuca pseudodura* | 3.3 | 3.3 | 2.3 | 2.3 | 2.2 | 2.3 | 1.2 | 2.3 | 2.3 | 3.3 |
| *Oxytropis campestris* | +.2 | 1.2 | . | 1.2 | 1.2 | +.2 | . | 2.2 | 1.2 | 1.2 |
| *Kobresia myosuroides* | 2.2 | 2.2 | 1.2 | 3.3 | 1.2 | 3.3 | 2.3 | 2.2 | . | 2.2 |
| *Cetraria islandica* | + | . | + | +.2 | +.2 | + | . | 1.2 | +.2 | +.2 |
| *Cetraria cucullata* | + | . | + | +.2 | 1.2 | . | . | +.2 | . | +. |
| *Trifolium pratense nivale* | . | . | 1.2 | . | +.2 | 2.2 | 3.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 |
| *Campanula scheuchzeri* | + | 2.2 | . | . | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 |
| *Silene acaulis* | 1.2 | 2.3 | 3.4 | 2.3 | 2.3 | 2.3 | +.3 | 2.3 | 1.3 | 3.4 |
| *Euphrasia salisburgiensis* | + | 1.1 | 1.1 | + | + | 1.1 | + | + | . | + |
| *Botrychium lunaria* | + | . | + | + | + | . | . | + | . | + |
| *Helictotrichon versicolor* | . | 1.2 | +.2 | 1.2 | . | 1.2 | . | +.2 | . | . |
| *Phyteuma hemisphaericum* | . | 1.2 | . | . | . | + | 1.2 | . | . | . |
| *Salix retusa* | . | . | 1.2 | . | 1.2 | . | . | 1.2 | . | 2.2 |
| *Galium anisophyllum* | . | . | + | . | + | . | 1.1 | 1.2 | 1.2 | . |
| *Juncus jacquinii* | . | . | . | 2.2 | . | . | . | . | . | . |
| *Leontodon hispidus* | . | . | . | . | +.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 | 1.2 | . |
| *Trifolium badium* | . | . | . | . | . | +.2 | 1.2 | . | . | . |
| *Bartsia alpina* | . | . | . | . | . | . | + | . | + | + |
| *Festuca violacea picta* | . | . | . | . | . | . | 1.3 | . | . | . |
| *Salix breviserrata* | . | . | . | . | . | . | . | 2.3 | . | . |
| *Rhytidium rugosum* | . | . | . | . | . | . | . | + | 1.3 | 1.2 |
| *Vaccinium vitis-idaea* | . | . | . | . | . | . | . | . | 2.3 | 1.2 |
| *Trichostomum crispulum* | . | +.2 | +.2 | . | . | . | . | . | . | . |
| *Gentiana germanica* | . | . | . | . | . | . | + | . | 1.1 | . |
| *Parnassia palustris* | . | . | . | + | . | . | . | . | . | +.2 |
| *Carex ornithopodioides* | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | 1.2 | . |
| *Ligusticum mutellina* | . | . | . | . | . | . | 1.2 | . | . | . |
| *Androsace obtusifolia* | . | . | . | . | . | . | 1.2 | . | . | . |
| *Hedysarum hedysaroides* | . | 1.2 | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Carex curvula* | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . |
| Sonstige (Anzahl) | – | – | 2 | 1 | – | 3 | – | 2 | – | 4 |

Aufn. 67/51: 17. 8. 1967. Unterhalb der Marxwiesen, südlich vom Margaritzenfels, am Weg zur Stockerscharte, auf dem Moränenwall von 1620, 2029 m; beweideter Rasen, Wurzelfilz + Moder ca. 12 cm stark.

Aufn. 67/54: 17. 8. 1967. Wie Aufn. 67/51, 2030 m; hinter dem Zaun beim Steilhang zur Schlucht, deshalb nicht beweidet, sonst wie Aufn. 67/51.

Aufn. 67/50: 17. 8. 1967. Neben Aufn. 67/51, 2029 m; wie Aufn. 67/51. *Primula minima* (+.2), *Cladonia chlorophaea* (+.2).

Aufn. 67/55: 17. 8. 1967. Wie Aufn. 67/51, 2030 m; wie Aufn. 67/54. *Hieracium villosum s.* l. (+).

Aufn. 67/48: 17. 8. 1967. Bei Aufn. 67/51, 2030 m; wie Aufn. 67/51.

Aufn. 67/52: 17. 8. 1967. Neben Aufn. 67/51, 2030 m; wie Aufn. 67/51. *Thymus polytrichus* (+.2), *Lotus corniculatus* (+), *Selaginella selaginoides* (+).

Aufn. 67/53: 17. 8. 1967. Neben Aufn. 67/51, 2029 m; wie Aufn. 67/51.

Aufn. 67/68: 17. 8. 1967. Ca. 180 m südlich von Aufn. 67/51, auf dem Moränenwall von 1620, 2030 m; ähnlich Aufn. 67/51, Wurzelfilz + Moder (A-Horizont) bis 15 cm stark. *Deschampsia caespitosa* (+.2), *Ligusticum mutellionoides* (+).

Aufn. 67/66: 17. 8. 1967. Neben Aufn. 67/68, 2030 m; wie Aufn. 67/68.

Aufn. 67/67: 17. 8. 1967. 1 m unterhalb Aufn. 67/68, 2029 m; wie Aufn. 67/68. *Sesleria varia* (+.3), *Thamnolia vermicularis* (+.2), *Peltigera aphtosa* (+.2), *Luzula spicata* (+.2).

## Tab. 6: 85–100 Jahre eisfrei

6 A: Salix-Dryas-Spalier  6 BC: Nacktriet-Hartschwingel-Rasen  6 D: Bäumchenweiden-Gesträuch

| | 6 A | | | | | | 6 BC | | | | | | | | | | | | | 6 D | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jahr der Aufnahme | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 |
| Nr. der Aufnahme | 69 | 31 | 77 | 40 | 70 | 29 | 30 | 35 | 33 | 37 | 39 | 28 | 41 | 34 | 75 | 32 | 36 | 73 | 76 | 42 | 43 | 44 | 45 |
| Höhe in 100 m | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Exposition | W | S | W | S | WSW | OSO | O | SSO | O | S | S | O | SO | S | W | NO | S | S | W | OSO | O | NO | O |
| Neigung in Grad | 35 | 10 | 15 | 10 | 40 | 10 | 5 | 10 | 5 | 5 | 10 | 5 | 20 | 5 | 40 | 5 | 5 | 35 | 10 | 20 | 10 | 30 | 20 |
| Bedeckung in % | 10 | 10 | 90 | 20 | 60 | 50 | 90 | 70 | 40 | 95 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 90 | 95 | 80 | 100 | 100 | 100 |
| Größe in qm | 20 | 2 | 1 | 1 | 10 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | 4 | 10 | 4 |
| Artenzahl | 12 | 21 | 15 | 18 | 19 | 26 | 25 | 15 | 26 | 22 | 18 | 13 | 18 | 17 | 35 | 22 | 25 | 25 | 28 | 28 | 23 | 22 | 19 |
| *Arenaria ciliata* | | +.2 | . | . | +.2 | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | | . | | . | | . | | | | |
| *Saxifraga paniculata* | | +.2 | . | . | . | +.2 | . | . | +.2 | . | . | . | . | | . | | . | | . | | | | |
| *Fulgensia bracteata* | | 1.2 | +.2 | +.2 | . | +.2 | . | 1.2 | +.2 | . | . | . | . | | . | | . | | . | | | | |
| *Toninia lobulata* | . | 1.2 | . | . | . | . | . | 1.2 | 1.2 | . | . | . | . | | . | . | . | | . | | | | |
| *Saxifraga oppositifolia* | +2 | 1.3 | +.2 | 1.3 | +.2 | 1.3 | +.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 | . | . | . | | . | . | . | | . | . | | | |
| *Gypsophila repens* | +.2 | 1.2 | . | 1.2 | +.2 | +.2 | +.2 | +.2 | +.2 | +.2 | +.2 | . | . | . | . | . | . | | . | . | | | |
| *Campanula cochleariifolia* | . | +.2 | . | . | . | + | +.2 | . | +.2 | +.2 | +.2 | . | . | . | . | . | . | | . | . | | | |
| *Cetraria cucullata* | +.2 | . | +.2 | . | . | . | +.2 | +.2 | +.2 | . | . | . | 1.2 | +.2 | . | . | . | | . | . | | | |
| *Cetraria islandica* | . | . | +.2 | +.2 | +.2 | . | +.2 | . | +.2 | +.2 | . | . | 1.2 | +.2 | 1.2 | + | . | | . | . | . | | |
| *Trifolium pallescens* | 1.2 | +.2 | +.2 | +.2 | 1.2 | 2.2 | 2.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 | +.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 1.2 | 2.3 | +.2 | . | . | . | . | | |
| *Helianthemum alpestre* | +.2 | +.2 | +.2 | 2.3 | 1.3 | 1.2 | 2.2 | +.2 | 1.2 | . | +.2 | 2.3 | 3.3 | 2.3 | 3.3 | 2.3 | 1.2 | +.2 | . | . | . | | |
| *Minuartia verna* | +.2 | +.2 | . | 1.2 | +.2 | +.2 | +.2 | . | +.2 | +.2 | . | +.2 | 1.2 | . | +.2 | . | . | 1.2 | . | . | . | | |
| *Festuca pseudodura* | +.2 | −.2 | +.2 | . | 1.2 | . | . | . | +.2 | +.2 | . | 1.2 | 1.3 | +.2 | +.2 | 1.2 | 2.3 | 2.3 | 1.2 | . | . | | . |
| *Anthyllis vulneraria alp.* | 1.2 | . | +.2 | 1.2 | 2.2 | +.2 | +.2 | +.2 | +.2 | 1.2 | 1.2 | . | +.2 | 2.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 | 2.2 | 2.2 | . | . | | . |
| *Euphrasia minima* | . | + | + | + | + | + | + | + | + | + | . | + | + | + | + | + | + | + | + | . | + | | . |
| *Salix serpyllifolia* | +.3 | 1.3 | 5.5 | +.3 | 1.3 | +.2 | 3.4 | 3.4 | 2.3 | 1.3 | . | +.2 | +.2 | 3.3 | 1.2 | 1.3 | +.2 | . | . | +.2 | +.2 | | . |
| *Dryas octopetala* | 1.3 | 1.2 | 2.2 | 1.3 | 3.4 | 2.3 | 3.3 | . | 1.2 | 4.4 | 3.4 | 3.3 | 2.3 | 3.3 | 3.3 | 3.3 | 2.3 | 1.3 | 2.2 | 2.2 | 1.3 | | . |
| *Kobresia myosuroides* | . | . | +.2 | +.2 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 2.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 3.4 | 3.3 | 2.3 | 3.3 | 1.3 | 3.3 | 3.3 | 3.3 | 1.2 | . | | . |
| *Oxytropis campestris* | . | +.2 | 1.2 | +.2 | . | 1.2 | . | . | +.2 | 2.2 | 2.2 | . | +.2 | 1.2 | +.2 | 2.3 | 1.2 | | 1.2 | . | . | | . |
| *Peltigera rufescens* | . | . | . | +.2 | . | +.2 | +.2 | +.2 | 1.2 | . | . | 1.2 | 1.2 | +.2 | . | +.2 | +.2 | | . | . | . | | . |
| *Astragalus alpinus* | . | . | . | +.2 | . | +.2 | . | . | . | 1.2 | . | . | +.2 | +.2 | . | 2.3 | 1.2 | . | 1.2 | 1.2 | +.2 | | . |
| *Carex capillaris* | . | . | . | . | . | . | 1.2 | +.2 | 1.2 | 1.2 | 2.2 | . | +.2 | +.2 | 1.2 | 2.2 | 1.2 | +.2 | . | . | . | . | . |
| *Tofieldia calyculata* | . | | | . | . | . | . | . | +.2 | 1.2 | . | . | . | +.2 | + | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Poa alpina* | . | | . | . | . | +.2 | +.2 | . | . | . | . | 1.2 | . | . | 1.2 | 2.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| *Polygonum viviparum* | . | | + | . | . | . | 1.1 | . | . | + | . | . | . | . | 1.1 | 1.1 | 1.1 | + | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| *Trifolium pratense nivale* | . | | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | 1.2 | 1.2 | . | +.2 | . | +.2 | . | . |
| *Campanula scheuchzeri* | . | | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | . | + | 2.2 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | + | . |
| *Carex sempervirens* | . | | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | . | . | 1.2 | . | . | . |
| *Salix retusa* | . | | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2.3 | 1.2 | 1.2 | . | . | . |
| *Salix reticulata* | . | | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | . | | | . | +.2 | . | . | . | +.2 | +.2 |
| *Bartsia alpina* | . | | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | . | | | . | + | 1.2 | +.2 | 1.2 | + | 1.2 |
| *Salix waldsteiniana* | . | | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | . | . | 2.2 | 3.3 | 5.4 | 5.5 | 4.4 |
| *Salix breviserrata* | . | | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | | . | 2.2 | 1.2 | +.2 | . |
| *Aster bellidiastrum* | . | | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | | . | 1.2 | 1.1 | 1.2 | 1.2 |
| *Lotus corniculatus* | | | . | . | | | . | . | . | . | . | . | | | | | | | . | +.2 | +.2 | +.2 | 1.2 |
| *Myosotis sylvatica* | | | . | . | | | . | . | . | . | . | . | | | | . | . | . | . | +.2 | 1.1 | 1.1 | 1.2 |
| *Salix hastata* | | | . | | | | . | . | . | . | . | . | | | | . | . | . | | . | +.2 | +.2 | 1.2 |
| *Aconitum tauricum* | | | . | | . | | . | . | . | . | . | . | | | | . | . | . | . | . | + | 1.1 | 1.1 |
| *Homogyne alpina* | | | | | . | | . | . | . | . | . | . | | | . | . | . | . | . | 1.2 | + | 1.1 | 1.2 |
| *Deschampsia flexuosa* | | | | . | . | | . | . | . | . | . | . | | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | 2.3 |
| *Conocephalum conicum* | | . | | . | . | . | | . | . | . | . | . | | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | +.2 | 3.3 |
| *Trichostomum crispulum* | | +.2 | | 1.2 | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | | . | +.2 | . | . | 1.2 | +.2 | −.2 | 1.2 | . | . |
| *Achillea clavenae* | . | . | | . | . | . | + | + | . | + | 1.2 | . | | . | . | + | . | . | r | + | + | . | . |
| *Bryum pseudotriquetrum* | . | +.2 | | +.3 | . | . | | . | +.2 | +.2 | . | . | | +.2 | . | | . | . | . | . | . | . | 1.2 |
| *Galium anisophyllum* | . | . | | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | +.2 | + | + | . | . | + | |
| *Hypnum vaucheri* | . | +.2 | | . | . | 1.3 | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | +.2 | . | . | . | 1.2 | 2.3 | . |
| *Silene acaulis* | 1.3 | . | | . | 2.3 | . | . | . | . | . | +.3 | . | . | . | 2.4 | . | . | . | 1.3 | 1.3 | . | . | . |
| *Pinguicula alpina* | . | . | | . | . | . | . | . | +.2 | 1.2 | +.2 | . | . | +.2 | 1.2 | . | | . | . | . | . | . | . |
| *Leontodon hispidus* | | . | | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | 2.2 | 1.2 | +.2 | +.2 | | . |
| *Bryum pendulum* | | +.2 | | | . | 1.2 | +.2 | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | . |
| *Coeloglossum viride* | | . | . | | . | . | +.2 | +.2 | . | . | . | . | . | . | + | +.2 | +.2 | . | . | . | . | . | . |
| *Carex ornithopodioides* | | . | . | | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | 1.2 | +.2 | . | +.2 | . | . | . |
| *Silene vulgaris* | | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | . | . | +.2 | + | 1.2 | . | + |
| *Minuartia sedoides* | | . | +.2 | . | 1.3 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.3 | | . | . | . | . | . | . | . |
| *Androsace obtusifolia* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | + | | 1.2 | . | . | . | . | . | . |
| *Veronica aphylla* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | | . | +.2 | +.2 | . | . | . | . |
| *Linaria alpina* | 1.2 | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | . | + | | . | . | . | . |
| *Arabis corymbiflora* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | . | | +.2 | +.2 | + | . |
| *Euphrasia salisburgiensis* | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | | + | | . | . | . | . |
| *Cladonia pyxidata* | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | +.2 | +.2 | . | . | . | . | . | . | | . | . | . | . |
| *Thamnolia vermicularis* | . | . | . | | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | +.2 | . | +.2 | . | . | . | | . | . | . | . |
| *Dianthus sylvestris* | . | + | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | | . | . | . | . |
| *Astragalus helveticus* | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | +.2 | +.2 | . | . | | 1.2 | . | . | | . | . | . | . |
| *Sesleria varia* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | . | . | . | | 1.2 | . | . | . | +.2 | . | . | . |
| *Myosotis alpestris* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | + | + | . | . | . | . |
| Sonstige (Anzahl) | − | 1 | − | − | 1 | 4 | 3 | − | 3 | 2 | 2 | − | 1 | − | 6 | 2 | 1 | 3 | 5 | 3 | − | 4 | 4 |

Aufn. 67/69: 18. 8. 1967. Unterhalb der Marxwiesen, am SÖ-lichen Ende des Margaritzenstausees, auf dem Kamm der 1856er Moräne, 2040 m; feinschuttreicher Moränenschutt, relativ stark bewegt, wenig Hangwasser, deshalb relativ trocken, stark windexponiert.

Aufn. 67/31: 3. 8. 1967. Magaritzenfels, Südabhang, 2017 m; geringe Schuttauflage auf Fels, kaum Hangwasser, trocken, besonders durch oberflächlich fließendes Wasser (bei Regen) stark bewegt. *Collema tenax* (+.2).

Aufn. 67/77: 18. 8. 1967. Wie Aufn. 67/69, ca. 15 m unterhalb des 1856er Endmoränenkammes, 2028 m; relativ ruhiger, mäßig feuchter Moränenschutt, stark windexponiert.

Aufn. 67/40: 3. 8. 1967. Margaritzenfels, SO-Hang, 2005 m; ähnlich Aufn. 67/31.

Aufn. 67/70: 18. 8. 1967. 5 m unterhalb Aufn. 67/69, 2035 m; wie Aufn. 67/69. *Botrychium lunaria* (r).

Aufn. 67/29: 3. 8. 1967. Margaritzenfels, kurz vor dem nordöstlichen Steilabfall, 2017 m; ähnlich Aufn. 67/31. *Trisetum distichophyllum* (1.2), *Campylopus subulatus* (+.2), *Stegonia latifolia* (+.2), *Sedum atratum* (+).

Aufn. 67/30: 3. 8. 1967. Nahe Aufn. 67/29, 2017 m; flache, mit Moränenschutt angefüllte Mulde in Fels, mäßig feucht bis trocken, kaum Hangwasser, Wurzelfilz + Moder bis 2 cm stark, darunter leicht schluffiger Grobsand. *Stereocaulon alpinum* (+.2), *Campylopus subulatus* (1.2), *Cetraria juniperina* var. *terrestris* (+.2).

Aufn. 67/35: 3. 8. 1967. Margaritzenfels, SO-Hang, 2011 m; völlig gefestigter Moränenschutt, stark windexponiert, Wurzelfilz + Moder bis 3 cm stark.

Aufn. 67/33: 3. 8. 1967. Margaritzenfels, am Rande zum ONO-Steilabfall, 2010 m; feinschuttreicher Moränenschutt, ruhig, höchstens durch Wind oder starkem Regen etwas bewegt, windexponiert, kaum organische Substanz. *Stereocaulon alpinum* (+.2), *Cetraria juniperina* var. *terrestris* (+.2), *Artemisia mutellina* (r).

Aufn. 67/37: 3. 8. 1967. Neben Aufn. 67/35, 2008 m; ähnlich Aufn. 67/35. *Hieracium villosum* (+), *Primula minima* (+).

Aufn. 67/39: 3. 8. 1967. Ca. 20 m östlich von Aufn. 67/35, 2006 m; ähnlich Aufn. 67/35, Wurzelfilz + Moder 3 bis 5 cm stark, unter *Carex firma* bis 8 cm. *Festuca alpina* (+.2), *Carex firma* (2.3).

Aufn. 67/28: 3. 8. 1967. Neben Aufn. 67/29, 2017 m; ähnlich Aufn. 67/30, Wurzelfilz + Moder bis 4 cm stark.

Aufn. 67/41: 3. 8. 1967. Margaritzenfels, SO-Hang, ca. 20 m östlich von Aufn. 67/35, 2006 m; ähnlich Aufn. 67/35, Wurzelfilz + Moder bis 5 cm stark. *Thymus polytrichus* (+.2).

Aufn. 67/34: 3. 8. 1967. Neben Aufn. 67/33, 2009 m; ähnlich Aufn. 67/33, Wurzelfilz + Moder bis 3 cm stark.

Aufn. 67/75: 18. 8. 1967. Nahe Aufn. 67/69, kurz unterhalb des Kammes der 1856er Moräne, 2038 m; ruhig, unbewegt, durch Hangwasser mäßig feucht, Wurzelfilz + Moder bis 4 cm stark, windexponiert. *Cirriphyllum cirrosum* (+.2), *Peltigera aphtosa* (+), *Trifolium badium* (+.2), *Festuca pumila* (+.2), *Luzula spicata* (+), *Doronicum glaciale* (+).

Aufn. 67/32: 3. 8. 1967. Bei Aufn. 67/29, 2009 m; ähnlich Aufn. 67/33, Wurzelfilz + Moder bis 3 cm stark. *Pedicularis rostrato-capitata* (1.2), *Arctostaphylos uva-ursi* (+.2).

Aufn. 67/36: 3. 8. 1967. Margaritzenfels, SO Hang, 2010 m; ähnlich Aufn. 67/35, Wurzelfilz + Moder bis 5 cm, stellenweise bis 8 cm stark. *Antennaria carpatica* (+.2).

Aufn. 67/73: 18. 8. 1967. Bei Aufn. 67/69, 2039 m; ähnlich Aufn. 67/75, etwas geschützter. *Sedum atratum* (+), *Salix herbacea* (+.2), *Gentiana orbicularis* (+.2).

Aufn. 67/76: 18. 8. 1967. Nahe Aufn. 67/69, ca. 10 m unterhalb des 1856er Moränenkammes, in kleiner Mulde, 2030 m; ähnlich Aufn. 67/75, etwas geschützter und feuchter. *Botrychium lunaria* (+), *Trifolium badium* (+.2), *Oxytropis jacquinii* (1.2), *Bryum cirhatum* (+.2), *Cerastium fontanum* ssp. *fontanum* (+).

Aufn. 67/42: 3. 8. 1967. Margaritzenfels, SO-Hang, unterhalb des obersten Steilabfalles, 2000 m; geschützt, im Windschatten, relativ lange Schneebedeckung, viel Hangwasser, dadurch sehr feucht, unbedeckte Stellen von abgestorbener *Dryas octopetala* bedeckt, Wurzelfilz + Moder bis 5 cm stark, mit Steinen vermischt. *Festuca pumila* (+.2), *Biscutella laevigata* (+.2), *Carex atrata* (+.2).

Aufn. 67/43: 3. 8. 1967. Neben Aufn. 67/42, 2000 m; ähnlich Aufn. 67/42, Wurzelfilz + Moder bis 7 cm stark.

Aufn. 67/44: 3. 8. 1967. Kurz unterhalb Aufn. 67/42, 1996 m; ähnlich Aufn. 67/42, noch schattiger und feuchter. *Deschampsia caespitosa* (1.2), *Didymodon rigidulus* (1.2), *Campylium protensum* (+.2), *Ptychodium plicatum* (+.2).

Aufn. 67/45: 3. 8. 1967. Neben Aufn. 67/44, 1995 m; wie Aufn. 67/44. *Ptychodium plicatum* (2.3), *Didymodon rigidulus* (1.3), *Campylium protensum* (1.2), *Hedysarum hedysaroides* (1.2).

## Tab. 8: 3400 Jahre eisfrei

8 A–C: Loiseleurio-Cetrarietum 8 B–D: Rhododendro-Vaccinietum

## Tab. 9: 7500 Jahre eisfrei

9 A–C: Loiseleurio-Cetrarietum 9 B–D: Rhododendro–Vaccinietum

| | 8 B–D | | | | | 8 A–C | | | | | 9 B–D | | | | | 9 A–C | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jahr der Aufnahme | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 |
| Nr. der Aufnahme | 57 | 58 | 56 | 59 | 60 | 65 | 62 | 63 | 64 | 61 | 29 | 25 | 27 | 28 | 26 | 33 | 34 | 30 | 31 | 32 |
| Höhe in 100 m | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Exposition | NW | NNW | W | WNW | NW | W | N | W | W | NW | NW | WSW | W | NW | W | S | WNW | W | W | NW |
| Neigung in Grad | 25 | 25 | 20 | 40 | 40 | 40 | 20 | 20 | 30 | 30 | 30 | 30 | 40 | 30 | 30 | 15 | 10 | −10 | 5 | −5 |
| Bedeckung in % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 95 | 100 | 100 | 90 | 100 | 90 | 100 | 95 |
| Größe in qm | 4 | 4 | 3 | 4 | 2 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 2 | 4 | 2 | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Artenzahl | 31 | 26 | 34 | 25 | 31 | 25 | 18 | 26 | 26 | 26 | 25 | 27 | 30 | 28 | 29 | 28 | 24 | 20 | 21 | 19 |
| *Rhododendron ferrugineum* | 4.3 | 4.4 | 4.2 | 5.5 | 3.3 | . | . | 1.2 | + | . | 3.4 | 3.3 | 5.4 | 4.4 | 4.4 | . | | | . | . |
| *Vaccinium myrtillus* | . | 3.2 | . | 1.2 | . | . | . | . | . | . | 1.2 | 2.3 | 2.3 | +.2 | . | . | | | . | . |
| *Empetrum nigrum* | . | 1.2 | 2.2 | +.2 | 1.2 | 1.3 | . | . | . | . | 1.3 | 3.3 | 1.2 | . | . | . | | | . | . |
| *Peltigera aphtosa* | 1.2 | . | 1.3 | 1.2 | . | . | . | . | . | . | 1.2 | 1.2 | 1.2 | . | +.2 | . | | | . | . |
| *Cladonia alpestris* | 1.2 | +.2 | 1.2 | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | +.2 | 1.2 | . | +.2 | . | | | . | . |
| *Rhytidiadelphus triquetrus* | . | 2.3 | 1.2 | +.2 | . | . | . | . | . | . | 2.3 | 2.2 | 1.2 | 3.4 | . | . | | | . | . |
| *Hypnum vaucheri* | 1.2 | 2.3 | 1.2 | +.2 | +.2 | . | . | . | . | . | 2.3 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | . | . | | | . | . |
| *Mnium spinosum* | +.2 | +.2 | +.2 | +.2 | . | . | . | . | . | . | +.2 | +.2 | +.2 | +.2 | . | . | | | . | . |
| *Dicranum scoparium* | 2.2 | . | 3.2 | 2.3 | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | 1.3 | . | . | | | . | . |
| *Hylocomium splendens* | . | 1.2 | 1.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | +.2 | . | . | | | . | . |
| *Homogyne alpina* | 1.2 | 1.2 | 1.2 | . | +.2 | . | . | . | . | . | 1.2 | +.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 | . | | | . |
| *Geum montanum* | 2.3 | 1.2 | . | 1.1 | +.2 | . | . | . | . | . | . | 1.2 | 1.2 | +.2 | 2.2 | +.2 | . | | . | . |
| *Viola biflora* | . | 1.2 | . | 1.2 | 2.2 | . | . | . | . | . | 1.2 | 1.2 | . | + | . | . | . | | . | . |
| *Anthoxanthum odoratum* | 1.2 | 1.2 | 1.2 | . | 1.2 | +.2 | . | . | +.2 | . | 1.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 | 1.2 | . | . | | . | . |
| *Festuca violacea picta* | 2.3 | 2.3 | 2.2 | +.2 | 1.2 | . | . | . | . | . | 2.3 | 2.3 | 1.2 | 1.2 | 3.3 | . | +.2 | | . | . |
| *Campanula scheuchzeri* | 1.1 | . | 1.2 | . | 1.2 | . | . | . | . | . | | . | +.2 | . | . | . | . | | . | . |
| *Aconitum tauricum* | 2.3 | 1.2 | + | 2.2 | +.2 | | . | . | . | . | | . | . | r | . | . | . | | . | . |
| *Leontodon helveticus* | . | . | +.2 | . | 1.2 | . | . | . | . | . | | +.2 | 1.2 | +.2 | 2.2 | . | . | . | . | . |
| *Deschampsia flexuosa* | 1.2 | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | | −.2 | . | 1.2 | . | . | . | . | . | . |
| *Potentilla erecta* | + | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | + | 1.2 | 1.2 | 2.2 | . | . | . | . | . |
| *Vaccinium vitis-idaea* | 2.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 | +.2 | . | 1.2 | . | . | . | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | . | 2.3 | . | +.2 | 1.2 | 2.2 |
| *Vaccinium uliginosum* | 2.3 | 2.2 | 1.2 | 1.2 | 2.2 | 3.2 | . | 1.2 | 3.2 | 1.2 | 3.3 | 3.4 | 2.3 | 3.4 | . | . | 1.2 | . | . | . |
| *Polytrichum juniperinum* | +.2 | + | 1.2 | +.2 | 1.2 | . | . | . | +.2 | . | 1.2 | . | . | . | +.2 | 1.2 | +.2 | +.2 | +.2 | . |
| *Polygonum viviparum* | + | + | 1.1 | + | 1.1 | + | + | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | + | 1.1 | 1.1 | . | + |
| *Festuca pseudodura* | 1.2 | 1.2 | +.2 | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | −.2 | 1.2 | +.2 | . | 1.2 | +.2 | . |
| *Salix retusa* | . | . | +.2 | . | 1.2 | . | . | . | 1.2 | 2.3 | . | . | 1.2 | 1.2 | . | +.2 | . | 1.2 | . | . |
| *Carex curvula* | 1.2 | . | 1.2 | . | . | . | 1.2 | . | 1.2 | . | . | . | +.2 | 1.3 | . | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| *Euphrasia minima* | + | 1.1 | + | . | + | 1.1 | . | 1.1 | 1.1 | + | . | + | . | + | . | 1.1 | 1.1 | + | 1.1 | + |
| *Cetraria islandica* | +.2 | 2.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.3 | 1.3 | +.2 | 2.3 | 1.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 |
| *Cetraria nivalis* | . | +.2 | +.2 | . | . | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 2.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 | 1.2 | 1.2 | 2.2 | 1.2 | 2.2 | 1.2 | 2.2 |
| *Loiseleuria procumbens* | . | . | 1.2 | 1.3 | 3.3 | 3.4 | 5.5 | 5.5 | 3.4 | 4.5 | . | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 2.3 | 3.4 | 5.5 | 5.5 | 5.5 | 5.5 |
| *Alectoria ochroleuca* | . | . | . | . | . | 3.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 2.2 | | | . | | . | 2.2 | 1.2 | 2.2 | 2.2 | 1.2 |
| *Thamnolia vermicularis* | . | . | . | . | . | −.2 | +.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | . | . | . | . | . | +.2 | . | +.2 | . | +.2 |
| *Primula minima* | . | . | +.2 | . | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 | 1.2 | . | . | . | . | +.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| *Phyteuma hemisphaericum* | . | . | + | . | . | 1.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 | 1.2 | . | + | . | . | +.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 | 1.2 | 1.2 |
| *Silene acaulis* | . | . | . | | +.3 | +.3 | 1.3 | 1.3 | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | +.3 | +.3 | +.3 | 1.3 |
| *Kobresia myosuroides* | 1.2 | . | . | . | . | +.2 | . | +.2 | 1.2 | 1.2 | . | . | . | . | . | +.2 | . | +.2 | +.2 | +.2 |
| *Oxytropis campestris* | | . | . | . | . | +.2 | . | +.2 | +.2 | +.2 | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | +.2 | . |
| *Salix serpyllifolia* | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | +.2 | +.2 | . | . | . | . | . | 1.3 | . | . | . | +.2 |
| *Helictotrichon versicolor* | . | . | . | . | +.2 | +.2 | +.2 | + | . | +.2 | 1.2 | 1.2 | . | . | 1.2 | 1.2 | . | 1.2 | +.2 | +.2 |
| *Festuca pumila* | . | . | . | . | . | +.2 | . | 1.2 | 1.2 | 1.2 | . | . | . | . | . | . | 1.2 | . | +.2 | . |
| *Sesleria disticha* | . | . | . | . | . | 1.2 | 1.2 | +.2 | . | +.2 | 1.2 | . | . | +.2 | . | +.2 | 2.2 | +.2 | +.2 | . |
| *Pulsatilla alba* | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | + | . | +.2 | . | . | 1.2 | 1.2 | +.2 | 1.2 | +.2 | +.2 | 1.2 |
| *Hieracium piliferum* | . | . | . | . | . | + | + | + | . | + | . | . | . | . | . | + | + | . | + | . |
| *Coeloglossum viride* | . | . | . | . | +. | . | . | r | 1.1 | + | . | . | . | . | . | . | r | + | . | . |
| *Arctostaphylos uva-ursi* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 3.3 | . | . | 1.2 | . |
| *Bartsia alpina* | + | . | 1.1 | . | . | + | . | 1.2 | 1.2 | 1.2 | +.2 | . | . | . | + | . | r | . | . | . |
| *Huperzia selago* | . | . | + | 1.2 | 1.2 | . | . | . | . | + | 1.2 | . | . | . | . | . | + | . | . | . |
| *Carex atrata* | . | . | . | . | . | +.2 | +.2 | +.2 | . | +.2 | . | . | + | . | . | . | +.2 | . | . | . |
| *Juncus trifidus* | . | . | . | . | +.2 | . | . | +.2 | 2.2 | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | +.2 |
| *Ligusticum mutellinoides* | 1.2 | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | 1.2 | | . | . | . | . | . | + |
| *Salix reticulata* | . | . | . | . | +.2 | +.2 | . | . | . | . | 1.2 | . | +.2 | . | . | . | +.2 | . | . | . |
| *Dryas octopetala* | . | . | . | . | r | . | . | . | +.2 | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Helianthemum alpestre* | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | 1.2 | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | . |
| *Selaginella selaginoides* | +.2 | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . |
| *Carex ericetorum* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | 1.2 | +.2 |
| *Luzula alpino-pilosa* | . | . | . | . | . | +.2 | 1.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Nardus stricta* | 1.2 | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Carex capillaris* | +.2 | . | . | . | . | . | . | 1.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Deschampsia caespitosa* | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | 1.2 | . | . | . | . | . | . | . | . |
| *Galium anisophyllum* | . | . | . | . | . | . | | . | . | . | . | . | +.2 | . | 1.2 | . | . | . | . | . |
| *Poa alpina* | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | . | . | . | . | . |
| *Trichostomum crispulum* | . | | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . |
| *Salix waldsteiniana* | . | . | . | +.2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1.2 | . | . | . | . | . |
| *Nigritella nigra* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | r | . | . | . | . |
| *Pinguicula alpina* | . | . | . | . | . | . | . | + | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| Sonstige (Anzahl) | 2 | 4 | 3 | 2 | – | 1 | 1 | – | 1 | 1 | 1 | – | 1 | – | 3 | 1 | 1 | – | – | – |

Aufn. 67/57: 17. 8. 1967. Südlich des Margaritzenfelsens, unterhalb der Marxwiesen, am Weg zur Stockerscharte, zwischen dem Moränenwall von 1620 und dem von 1400 v. Chr. (spätwärmezeitliche Moräne), 2050 m; sickerfrischer Podsol-Boden, relativ geschützte Lage. *Agrostis stolonifera* ssp. *stolonifera* (+.2), *Luzula spicata* (+).

Aufn. 67/58: 18. 8. 1967. Nahe Aufn. 67/57, 2050 m; wie Aufn. 67/57. *Salix breviserrata* (1.2), *Didymodon rigidulus* (1.2), *Syntrichia norvegica* (+.2), *Silene vulgaris* (+).

Aufn. 67/56: 17. 8. 1967. Neben Aufn. 67/57, 2050 m; wie Aufn. 67/57. *Ptilidium ciliare* (+.2), *Barbilophozia lycopodioides* (+.2), *Heterocladium squarrosum* (+.2).

Aufn. 67/59: 18. 8. 1967. Ca. 25 m südlich von Aufn. 67/57, 2040 m; wie Aufn. 67/57. *Arabis alpina* (+), *Myosotis alpestris* (+).

Aufn. 67/60: 18. 8. 1967. Neben Aufn. 67/59, 2040 m; wie Aufn. 67/57.

Aufn. 67/65: 18. 8. 1967. Nahe Aufn. 67/57, auf windexponiertem Buckel, 2050 m; stellenweise flachgründiger, relativ trockener Podsol-Boden, windexponiert. *Carex fuliginosa* (+.2).

Agfn. 67/62: 18. 8. 1967. Kurz oberhalb von Aufn. 67/57, auf der Moräne von 1400 v. Chr. 2055 m; wie Aufn. 67/65. *Carex sempervirens* (+.2).

Aufn. 67/63: 18. 8. 1967. 2 m schräg unterhalb von Aufn. 67/62, 2053 m; wie Aufn. 67/65.

Aufn. 67/64: 18. 8. 1967. Unterhalb Aufn. 67/62, 2050 m; wie Aufn. 67/65. *Tofieldia calyculata* (+.2).

Aufn. 67/61: 18. 8. 1967. Bei Aufn. 67/65, 2053 m; wie Aufn. 67/65. *Pedicularis rostrato-capitata* (1.2).

Aufn. 68/29: 16. 7. 1968. Südlich des Margaritzenfelsens, unterhalb der Marxwiesen, am Weg zur Stockerscharte, zwischen dem Moränenwall von 1400 v. Chr. (spätwärmezeitliche Moräne) und dem von 5500 v. Chr. (innerwärmezeitliche Moräne), 2052 m; sickerfrischer, tiefgründiger Podsol-Boden, relativ geschützte Lage. *Alchemilla vulgaris* (+.2).

Aufn. 68/25: 16. 7. 1968. Ca. 30 nordöstlich von Aufn. 68/29, 2050 m; wie Aufn. 68/29.

Aufn. 68/27: 16. 7. 1968. Nahe Aufn. 68/29, 2053 m; wie Aufn. 68/29. *Veronica aphylla* (r).

Aufn. 68/28: 16. 7. 1968. Nahe Aufn. 68/29, 2052 m; wie Aufn. 68/29.

Aufn. 68/26: 16. 7. 1869. Ca. 25 m nordöstlich von Aufn. 68/29, 2053 m; wie Aufn. 68/29. *Androsace obtusifolia* (1.2), *Aster bellidiatrum* (+.2), *Veronica bellidioides* (+.2).

Aufn. 68/33: 16. 7. 1968. Südlich des Margaritzenfelsens, unterhalb der Marxwiesen, am Weg zur Stockerscharte, zwischen dem Moränenwall von 1400 v. Chr. und dem von 5500 v. Chr., 2056 m; stellenweise flachgründiger, relativ trockener Podsol-Boden, windexponiert. *Pulsatilla vernalis* (+.2).

Aufn. 68/34: 16. 7. 1968. 5 m nördlich von Aufn. 68/33, 2055 m; wie Aufn. 68/33. *Arctostaphylos alpina* (1.2).

Aufn. 68/30: 16. 7. 1968. Schräg unterhalb Aufn. 68/33, 2054 m; wie Aufn. 68/33.

Aufn. 68/31: 16. 7. 1968. Neben Aufn. 68/33, 2055 m; wie Aufn. 68/33.

Aufn. 68/32: 16. 7. 1968. Nahe Aufn. 68/33, 2056 m; wie Aufn. 68/33.

# Besiedlung der jüngst vom Eise freigegebenen Gletschervorfelder und ihrer Böden durch wirbellose Tiere

Von Herbert Franz (Wien)

Anmerkung: Eine erste Aufnahme der Tierwelt der Pasterzenumrahmung erfolgte durch den Verfasser mit Unterstützung des D.Ö.A.V. in den Jahren 1937–1942 (FRANZ, 1943). Die damaligen Untersuchungen sind heute, drei Jahrzehnte später, nicht nur deshalb ergänzungsbedürftig, weil die Pasterzenlandschaft seitdem durch den Rückgang der Gletscher und anthropogene Einflüsse tiefgreifende Veränderungen erfahren hat, sondern auch weil die Erforschung einzelner Bodentiergruppen inzwischen sehr vervollständigt wurde. Dies gilt vor allem für die Milbengruppe der *Parasitiformes*, deren Systematik inzwischen von C. ATHIAS-HENRIOT von Grund auf neu bearbeitet wurde, und für die Collembolen, zu deren systematischer Erforschung im Alpenbereich in den letzten Jahrzehnten vor allem A. GISIN, aber auch E. SERTL-BUTSCHEK, G. HAYBACH, E. v. TÖRNE u. a. wesentliche Beiträge geliefert haben. Mein in Österreich in den letzten Jahrzehnten gesammeltes Material der Milbengruppe *Parasitiformes* wurde von C. ATHIAS-HENRIOT bearbeitet, zahlreiche systematische Arbeiten über diese Gruppe sind bereits von der genannten Autorin veröffentlicht worden, eine zusammenfassende Arbeit über die österreichischen *Pergamasus*-Arten befindet sich im Druck. Darin ist auch das Ergebnis einiger von mir im Glocknergebiet eingesammelter, von C. ATHIAS-HENRIOT bearbeiteter Milbenproben *(Parasitiformes)* ausgewertet. Meine in den Jahren 1966 und 1967 im Glocknergebiet gesammelten Collembolen hat G. HAYBACH bearbeitet, die im Jahre 1967 auch selbst im Pasterzengebiet Collembolen eingesammelt hat. Eine Veröffentlichung der Genannten über diese unsere Kenntnis der Collembolenfauna der mittleren Hohen Tauern sehr erweiternden Untersuchungen ist in Vorbereitung. Für die Determination der in den letzten Jahren gesammelten Spinnen bin ich E. KRITSCHER zu großem Dank verpflichtet.

Beim Rückzug der Gletscher von diesen freigegebenes Gelände stellt Neuland dar, das von Pflanzen und Tieren schrittweise besiedelt und nach und nach in einen Lebensraum mit günstigeren Milieubedingungen verwandelt wird. Unter den ersten sich ansiedelnden Pflanzen setzt der Prozeß der Bodenbildung mit dem Rohbodenstadium ein, über das er nur in den tieferen Lagen über Verwitterung und Humusbildung zu reiferen Bodenprofilen fortschreitet. Unter den extremen am Rande der Gletscher herrschenden Lebensbedingungen vermag nur eine kleine Anzahl an diese besonders angepaßter Tiere dauernd zu leben. Neben den Unbilden der Witterung sind es dauernd niedere Temperaturen und ein hohes Maß von Feuchtigkeit, die für diesen Lebensraum (Biotop) kennzeichnend sind.

Am extremsten sind die Milieuverhältnisse unmittelbar am Eisrand und am Ufer der Gletscherbäche, ferner auf Toteis, das an der Pasterze unter den Hängen des Großglockners und des Schwertecks großflächig auftritt. Hier sind sehr artenarme, aber sehr charakteristische, hygrophile und zum Teil kaltstenotherme Arten umfassende Tiergemeinschaften vorhanden. Die Häufigkeit der für die Gletscherrandgebiete charakteristischen Tierformen nimmt mit der Entfernung vom Eis bzw. vom Ufer der Schmelzwassergerinne rasch ab, während gleichzeitig neue Arten auftreten, die in dem schon längere Zeit eisfreien Gelände eine weitere Verbreitung besitzen.

Den extremsten Lebensraum stellt der Bereich des Toteises dar. Unter den wenigen hier dauernd lebenden Tierarten fallen Collembolen, kleine primär flügellose Insekten, durch

ihr oft zahlreiches Auftreten besonders ins Auge. Eine Collembolenart, *Isotoma saltans* (Nic.), die sogar auch auf dem Gletschereis selbst bisweilen in Menge auftritt, ist als „Gletscherfloh" seit langer Zeit bekannt. HANDSCHIN (1919, 1924a, b) und STEINBÖCK (1939) haben die eigenartige Lebensweise dieses kleinen schwarzblauen Insektes eingehend beschrieben.

An der Pasterze kommt *Isotoma saltans* nicht vor, dagegen findet sich hier im Toteisgebiet, wie erstmals D. SELGA anläßlich einer im Anschluß an den XI. Internationalen Entomologenkongreß in Wien im Sommer 1960 durchgeführten Exkursion feststellte, eine andere offenbar an das Gletschermilieu gebundene, bisher unbeschriebene *Isotoma*-Art. Bei neuerlichen Besuchen der Pasterze in den Sommern 1966 und 1967 konnte ich dieses Tier in großer Zahl wiederfinden, jedoch nur im Toteisgebiet unter den Abhängen des Großglockners und des Schwertecks, nicht aber auf der anderen Seite der Pasterze und am Gletscher selbst und auch nicht am Wasserfallkees. Auch ein etwa 50 m breiter Streifen des Toteises unmittelbar neben der Pasterze erwies sich unter dem Schwerteck als vollkommen unbesiedelt, im anschließenden Gebiet fand sich die neue *Isotoma*-Art aber unter Steinen und vor allem unter den vereinzelt stehenden Pionierpflanzen in sehr großer Zahl. Aus einer von mir eingesammelten Probe, die mehrere Polster von *Saxifraga oppositifolia* und *aizoides* umfaßte, isolierte G. HAYBACH in Ausleseautomaten nicht weniger als 198 adulte und 287 juvenile Exemplare dieses Springschwanzes. Gemeinsam mit der neuen Art wurde in sehr großer Zahl (315 adulte und 296 juvenile Tiere) ein zweiter Collembole, *Proisotoma cf. recta* Stach, gefunden. Von anderen Collembolen waren in der Probe *Onychiurus aff. humatus* Gisin, *Folsomia cf. nana* Gisin, *Orchesella* spec. und *Sminthurides cf. pumilis* Krausb. in je ein bis zwei Exemplaren vertreten. Sonst wurden in der Toteiszone der Pasterze an makroskopischen Tieren nur einige Fliegen, unter anderem eine *Diamesa*-Art, gefunden.

Während sich in der Toteiszone am rechten Pasterzenufer die Milieuverhältnisse in den letzten Jahrzehnten wenig änderten, erfuhr das Pasterzenvorfeld, seitdem ich es im Jahre 1937 zum ersten Male besuchte, einerseits infolge des Gletscherrückganges und anderseits durch Errichtung der Staumauer beiderseits der Margaritze eine tiefgreifende Wandlung. Der zwischen der Moräne des Jahres 1856 und dem Elisabethfels befindliche Teil des Gletschervorfeldes liegt nunmehr großenteils unter dem Spiegel des Stausees, dafür hat der Gletscher aber hinter dem Elisabethfels ein neues Vorfeld freigegeben, in dem sich ein Schmelzwassersee gebildet hat. In diesem Bereich hat sich bisher nur an den Rändern eine Pioniervegetation anzusiedeln vermocht, die unmittelbar am Rande des Wassers nahezu ausschließlich von *Saxifraga aizoides* gebildet wird. Eine dauernde Besiedlung mit Landtieren scheint nur auf den schon von einzelnen Pflanzen bestandenen Flächen stattgefunden zu haben. Unter den Erstbesiedlern sind auch hier die Collembolen am zahlreichsten vertreten. Am Rande des Wassers und selbst auf der Wasseroberfläche findet sich zahlreich *Isotomurus alticola* (Carl), unter Steinen lebt in Anzahl *Lepidocyrtus instratus* (Handschin), nicht selten ist ferner *Proisotoma cf. recta* Stach. Vereinzelt treten *Isotoma viridis* Bourl., *I. notabilis* Schäff., *Folsomia quadrioculata* (Tullberg) und eine *Orchesella* spec., wohl *O. alticola strigata* Stach auf. Auch einzelne Raubmilben wie *Pergamasus franzi* Willm., eine in hochalpinen Lagen der mittleren Hohen Tauern weit verbreitete Art, und *Platyseius* cf. *necorniger* (Oudms.) treten schon als erste Pioniere im Gletschervorfeld auf. Darüber hinaus finden sich gemeinsam mit den ersten Pionierpflanzen nur noch einige Fliegen (Chironomiden, Ephydriden) und Fliegenlarven, besonders Sciariden, einige Laufkäferlarven (Gattung *Nebria*), einige Spinnen, besonders *Pardosa wagleri* Hahn und zahlreiche Enchytraeiden. Die im Boden lebenden Insektenlarven und Enchytraeiden sind unter den Rasen von *Saxifraga aizoides* konzentriert, wo auch eine verhältnismäßig dichte Besiedlung mit Collembolen vorhanden ist. Die Pflanzen zeigten einen starken Befall von Blattläusen. Die Tiergemeinschaft deckt sich hier weitgehend mit der von H. JANETSCHEK (1958) vom Hornerkees-Vorfeld in den Zillertaler Alpen beschriebenen Tiergesellschaft der konstant feuchten Gletscherrandstreifen, die er als *Nebria jokischi-Pardosa wagleri atra-Isotomurus alticola*-Zoenose bezeichnet hat.

Entfernt man sich vom Rande der Schmelzwässer in Richtung auf das schon länger eisfreie Gelände, so nimmt die Besiedlung mit Kleintieren zunächst deutlich ab. Es ist dies eine Folge der abnehmenden Feuchtigkeit des Bodens, der auch hier noch nirgends das Rohbodenstadium überschritten hat. Die Vegetation, die den Boden etwa 50 m vom Rande der Schmelzwässer in Richtung auf den Hang entfernt noch immer sehr lückenhaft deckt, besteht jedoch schon aus einer großen Anzahl Pflanzenarten. Während *Saxifraga aizoides* infolge Mangels an Feuchtigkeit nur noch kümmerlich gedeiht, treten neben einzelnen Gräsern *Artemisia genipi*, *Anthyllis alpestris*, *Gypsophila repens alpigena*, *Euphrasia spec.* und *Linaria alpina* auf.

An Kleintieren findet man neben Collembolen (*Lepidocyrtus instratus* Handschin) und Raubmilben (*Pergamasus franzi* Willm.), in größerer Anzahl Spinnen, so zahlreich *Entelecara media* Kulcz, einzeln *Poecilonota gibbosa* Wid. und *Bolyphantes index* (Th.). Etwas weiter hangaufwärts tritt als erste Schnecke *Helix (Arianta) arbustorum* L. auf.

Noch weiter aufwärts am Abhang gegen die Franzjosefhöhe wird unter der hier den Boden schon weitgehend deckenden Vegetation die Besiedlung mit Kleintieren wieder dichter und zugleich die Artenmannigfaltigkeit größer. Der Boden weist unter den Pflanzen bereits einen humosen Mineralbodenhorizont von 2–3 cm Mächtigkeit auf und ist in diesem von zahlreichen kleinen Bodentieren besiedelt. Die zahlreich vorhandenen Nematoden wurden nicht bestimmt, unter den Collembolen treten *Anurida pygmaea* (Börner), *Isotoma notabilis* Schäff. und *Isotomurus palliceps* (Uzel) häufig auf, Arten die in den hochalpinen Lagen des Glocknergebietes eine weitere Verbreitung besitzen. Sehr zahlreich findet sich auch eine *Isotoma*-Art, die nach G. HAYBACH wahrscheinlich bisher noch nicht beschrieben ist. In geringer Zahl, aber immer noch häufig, kommen *Folsomia nana* Gisin, *Orchesella alticola strigata* Stach und *Lepidocyrtus lignorum* F., einzeln *Hypogastrura* cf. *denticulata* (Bagnall) und *Tullbergia simplex* Gisin vor. Auch die Milben sind schon in größerer Artenmannigfaltigkeit vertreten. Unter den Raubmilben fanden sich in einer von mir eingesammelten Bodenprobe neben *Pergamasus franzi* Willm., *Zercon* cf. *franzi* Willm., *Arctoseius atratus* und ein *Gaeolaelaps* aus der Gruppe des *G. praesternalis*. Die Moosmilben (Oribatiden) sind noch nicht bestimmt, dasselbe gilt für die Spinnen. Außerdem wurden zahlreiche Käfer- und Fliegenlarven, darunter besonders häufig Sciaridenlarven, im humosen Boden gefunden.

Knapp innerhalb der Fernaumoräne, die vom Gletschervorstoß des Jahres 1856 hier fast erreicht wurde, ist am Hang des Freiwandecks die Vegetation bereits nahezu geschlossen, der Anteil der Gräser am Pflanzenbestand hat stark zugenommen, der humose Oberboden ist im Durchschnitt 7–8 cm mächtig. Die Zahl der im Boden lebenden Tierarten ist abermals angestiegen, die Individuendichte größer geworden. An Collembolen sind sehr zahlreich vorhanden *Hypogastrura cf. parva* Gisin, *Isotoma notabilis* Schäff., *Isotomurus palliceps* (Uzel) und *Orchesella* cf. *montana* Stach. In geringerer Anzahl treten *Friesea mirabilis* v. *reducta* Stach, *Tullbergia simplex* Gisin, *Folsomia quadrioculata* (Tullb.), *Lepidocyrtus lignorum* F., *Orchesella capillata* Kos, *Sminthurides pumilis* Krausb. und eine nach G. HAYBACH wahrscheinlich noch unbeschriebene, von der am vorigen Standort festgestellten Art spezifisch verschiedene *Isotoma* auf. Vereinzelt fanden sich in einer von mir eingesammelten Bodenprobe außerdem *Neanura muscorum* (Templ.), *Hypogastrura* cf. *denticulata* (Bagn.) und *Tetracanthella alpina* Carl. An Raubmilben waren in dieser Probe eine nach ATHIAS-HENRIOT (i. l.) wahrscheinlich noch unbeschriebene *Pergamasus*-Art aus der Gruppe des *P. runciger*, *Veigaia kochi* Trgdh. und eine *Eugamasus*-Art vorhanden. Die Oribatiden konnten bisher nicht bearbeitet werden. Unter den größeren Bodentieren treten erstmalig Regenwürmer neben Enchytraeiden, ferner Spinnen, Käfer- und Dipterenlarven (darunter solche von Tipuliden und Sciariden) auf. Erstmalig findet sich hier die kleine, in den hochalpinen Grasheiden des Glocknergebietes weit verbreitete Schnecke *Vertigo alpestris* Alder.

Im Boden unter dem geschlossenen Rasen, der die auch vom Fernauvorstoß der Pasterze nicht mehr erreichten Flächen bedeckt, lebt naturgemäß eine noch arten- und individuenreichere Kleintiergemeinschaft. Von dem Tierbestand zweier von mir hier eingesammelter Bodenproben sind zur Zeit nur die Collembolen zum großen Teil

bearbeitet. Im Rasen, der auf der inneren wärmezeitlichen Moräne unterhalb des Hohen Sattels (Parkplatz I) wächst, konnten die folgenden Arten festgestellt werden: *Hypogastrura* cf. *vernalis* (Carl), *H. denticulata* (Bagn.), *Onychiurus subnemoratus* Gisin, *O.* cf. *subuliginatus* Gisin, *O. cancellatus* Gisin, *Isotoma notabilis* Schäff., *I. sensibilis* (Tullbg.), *Folsomia nana* Gisin, *F. litsteri* Bagn., *Orchesella* cf. *montana* Stach, *O.* cf. *capillata* Kos, *Bourletiella bilineata* (Bourl.) und *Sminthurinus aureus* (Lubbock).

Im Rasen außerhalb der wärmezeitlichen Moränen scheint ungefähr dieselbe Artengemeinschaft zu leben, die Besiedlungsdichte scheint aber größer zu sein. In einer hier eingesammelten, noch nicht vollständig bearbeiteten Bodenprobe fanden sich: *Hypogastrura denticulata* (Bagn.), verschiedenen *Onychiurus*-Arten, *Folsomia nana* Gisin, *Isotoma sensibilis* (Tullb.), *Isotomiella minor* (Schäffer), *Orchesella* cf. *montana* Stach, *O.* cf. *capillata* Kos und *Bourletiella* cf. *bilineata* (Bourl.).

In der alpinen Rasenbraunerde in einer flachen Mulde am Hang unterhalb des Glocknerhauses fanden sich bei in den Jahren 1943 und 1968 durchgeführten Aufsammlungen im Bereiche außerhalb der wärmezeitlichen Moränen die Nematoden *Dorylaimus lugdunensis* de Man, und *obtusicaudatus* Bast., *Cephalobus longicaudatus* Bütschli und *oxyuroides* de Man, *Anguillulina gracilis* de Man und *dubia* (Bütschli), der Regenwurm *Dendrobaena subrubicunda* (Eisen), die Milben *Parasitus anomalus* Willm., *Pergamasus* cf. *noster* Berl., *Nothrolaspis carinata* (C. L. Koch), *Eviphis holsaticus* Willm., *Lasioseius* spec., *Zercon inornatus* Willm., *Hypochthonius rufulus* (C. L. Koch), *Oribella paolii* (Oudms.), *Liebstadia similis* (Mich.), *Fuscozetes setosus* (C. L. Koch), *Trichoribates oxypterus* Berl., *Pelops occultus* C. L. Koch, mehrere inadulte Spinnen, die Collembolen *Hypogastrura denticulata* (Bagn.), *H.* cf. *parva* (vielleicht nov. spec.), *Tullbergia krausbaueri* (Börner), *Onychiurus* cf. *illaboratus* Gisin, *Folsomia nana* Gisin, *F. litsteri* Bagn., *Lepidocyrtus curvicollis* Bourl., *L. cyaneus* Tullg., *Sminthurides aureus* (Lubbock) und *Bourletiella* spec. An Käfern wurden festgestellt: *Helophorus schmidti* Villa, *H. glacialis* Villa, *Atheta tibialis* Heer, *Aphodius satyrus* Rtt., *Tropiphorus tomentosus* Mrsh., sowie zahlreiche Käfer- und Fliegenlarven.

Auf einem Kalkphyllitrücken in nächster Nähe der Rasenmulde wurden in der Rendsina unter Felsenheide die Collembolen *Hypogastrura denticulata* (Bagn.), *H. vernalis* (Carl), *Anurida* cf. *pygmaea* (Börner), *Friesea* spec., *Onychiurus illaboratus* Gisin, *Folsomia nana* Gisin, *Isotoma sensibilis* (Tullbg.), *Orchesella cf. montana* Stach, *O.* cf. *capillata* Kos, *Sminthurinus aureus* (Lubb.), *Sminthurus viridis* (L.) und *Bourletiella* spec. gefunden. Die Standorte unter dem Glocknerhaus befinden sich bereits innerhalb der Zwergstrauchstufe und waren während der postglazialen Wärmezeit sehr wahrscheinlich zeitweilig bewaldet oder doch von Krummholz bestanden.

Eine in der Gamsgrube neben dem Promenadenweg in etwa 2500 m Höhe eingesammelte Rasenprobe, aus der die Collembolen von G. HAYBACH in einem Trichterautomaten ausgelesen wurden, erwies sich als artenreich besiedelt. Sie enthielt die folgenden Springschwanzarten: *Friesea mirabilis* (Tullb.) f. typ. und var. *reducta* Stach, *Odontella armata* Axels., *Hypogastrura cf. parva* Gisin, *H. vernalis* (Carl), *H.* cf. *engadinensis* Gisin, *Tullbergia* cf. *krausbaueri* (Börner), *Onychiurus subnemoratus* Gisin, *O. stiriacus* Stach, *O. armatus* (Tullb.) und *O.* cf. *campatus* Gisin, *Isotoma sensibilis* (Tullb.), *Folsomia nana* Gisin, *Tetracanthella afurcata* Handsch. *Folsomides* spec., *Orchesella* cf. *capillata* Kos, *Entomobrya* spec. und *Sminthurides pumilis* (Krausb.).

Die großen Veränderungen, die sich in den letzten Jahrzehnten im Vorfeld der Pasterze vollzogen, blieben nicht ohne Rückwirkung auf die dort lebenden Kleintiere. Einzelne Arten, die noch vor 30 Jahren im Vorfeld der Pasterze häufig waren, sind inzwischen sehr selten geworden oder gänzlich verschwunden. Dies gilt zum Beispiel für die Käfer *Hypnoidus maritimus* Curt. und *Otiorrhynchus rugifrons* Gyll., die im Pasterzenvorfeld vorwiegend sandige Rohböden besiedelten und die ich, seitdem der Stausee besteht, nicht mehr gefunden habe. Auch *Thinobius (Thinophilus) franzi* Scheerp., dessen bisher einziger bekannter Fundort, das Naßfeld des Pfandlschartenbaches, durch Anlage eines kleinen Stausees unter Wasser gesetzt wurde, ist seitdem verschwunden. Andere sandige Rohböden besiedelnde Arten wie *Amara quenseli* Schönh., *A. praetermissa* Sahlb. und

*Otiorrhynchus chalceus* Stierl. sind im Pasterzenvorfeld zumindest recht selten geworden. Das gilt übrigens auch für das Vorkommen von Charakterarten der Tiergemeinschaft der hochalpinen Grasheiden im Bereiche der Margaritze. Als ich im Jahre 1937 die Tierwelt des Pasterzenvorfeldes zu untersuchen begann, reichte die Pasterze noch bis an den Elisabethfels und ihre Oberfläche lag nur wenig tiefer als dessen Rücken. In die Möllschlucht zwischen Elisabethfels und Franzjosefshöhe ragte noch eine kleine Gletscherzunge vor. Infolge der Nähe des Gletschers stand die Margaritze damals unter dem Einfluß der kalten Gletscherwinde, wodurch das Auftreten hochalpiner Tierarten auf ihrem Rücken bedingt war, während zu beiden Seiten des Mölltales die subalpine Zwergstrauchstufe bis über 2200 m Seehöhe emporreichte. Die Obergrenze der Zwergstrauchstufe lag damals am S-Hang des Freiwandeck über 2300 m Seehöhe. Bis zu dieser Höhe stieg am S-Hang der Freiwand der heliophile Ohrwurm *Anechura bipunctata* L. empor, die zahlreichen Kolonien der Ameise *Formica (Serviformica) lemani* Bondr. reichten sogar bis in die Umgebung des alten Schutzhauses auf der Franzjosefshöhe, an dessen Stelle sich heute das Hotel befindet. Im Bereiche des kalten Gletscherwindes am W-Hang der Freiwand bog die obere Verbreitungsgrenze dieser relativ wärmebedürftigen Arten steil nach unten und schließlich übereinstimmend mit der Zwergstrauchgrenze sogar zurück, indem in der Pasterzenfurche unter den von subalpinen Pflanzen und Tieren besiedelten Hangpartien wieder hochalpine Arten auftraten. Diese Inversion der Höhenstufen läßt sich an den Hängen der Freiwand noch heute beobachten, wie auch bis heute keine subalpinen Tiere über die Schwelle des Elisabethfelsens in das Pasterzental eindringen. Auf der Margaritze scheinen dagegen die noch vor 30 Jahren dort nicht seltenen hochalpinen Grasheidenbewohner, so der Laufkäfer *Carabus concolar hoppei* Strm., der Schmetterling *Zygaena exulans* Hochw. und die Spinne *Lycosa ferruginea* (L. Koch) wenn überhaupt, so nur noch sehr selten vorzukommen. Zu den Tierarten, die bis heute nicht über die Schwelle des Elisabethfelsens in die Pasterzenfurche eindringen, gehören unter anderen die Assel *Tracheoniscus ratzeburgi* Brdt., der Ohrwurm *Anechura bipunctata* L., alle Heuschrecken mit Ausnahme des *Aeropus sibiricus* (L.), die Käferarten *Carabus depressus bonellii* Dej., *Trechus alpicola* Strm. und *limacodes* Dej., *Harpalus latus* L., *Trichotichnus laevicollis* Duftschm., *Haptoderus unctulatus* Duftschm., *Calathus erratus* Sahlb. und *melanocephalus* L., *Silpha tyrolenis* Laich., *Cantharis tristis* F., *Otiorrhynchus fuscipes* Ol., alle Hemipteren und alle Ameisen. Von den letzteren findet man zwar immer wieder einzelne Weibchen in großer Höhe, wohin sie auf ihrem Hochzeitsflug durch Winddrift emporgetragen wurden, es kommt aber über einer gewissen Höhengrenze nicht zur Gründung von Kolonien.

Die Obergrenze der Ameisenkolonien unterliegt ebenso wie die Obergrenze der Verbreitung des Ohrwurmes *Anechura bipunctata* im Laufe der Jahre, wie ich im Glocknergebiet beobachten konnte, beträchtlichen Schwankungen. Sie sank unter dem Einfluß kühler Sommer in den Jahren nach 1937 stellenweise um 100–150 m ab, stieg dann wieder etwas an, hat aber die Obergrenze des Jahres 1937 bis heute nicht wieder erreicht. Das Oszillieren der oberen Verbreitungsgrenze von Tieren mit hohem Ausbreitungsvermögen ist die Folge eines starken Expansionsbestrebens, dem durch die Natur, besonders durch den Witterungsverlauf während der einzelnen Jahre, bald engere, bald weitere Grenzen gesetzt werden.

Die Tierwelt der Pasterzenlandschaft innerhalb des Freiwandecks trägt rein hochalpinen Charakter. Entsprechend den vorhandenen Biotopen sind zwei Tiergemeinschaften, die der hochalpinen Grasheiden und der Schuttfluren gut entwickelt, während die der Schneetälchen und Schneeböden im Vergleich zu anderen Teilen der mittleren Hohen Tauern auffällig artenarm ist. Damit hängt zusammen, daß auch die Gletscherrandgebiete hier eine besonders artenarme Fauna aufweisen. Das ausgedehnte, vom Wasserfallkees in den letzten Jahrzehnten freigegebene Gelände weist zur Zeit nur auf den schon von einzelnen Pionierpflanzen besiedelten Flächen auch eine Besiedlung mit Tieren auf. Aus von mir eingesammelten Polstern von *Saxifraga oppositifolia* isolierte G. Haybach in einem Trichterautomaten die Collembolen *Anurida pygmaea* (Börner), *Hypogastrura* cf. *parva* Gisin, *Onychiurus parallatus* Gisin, *Tullbergia krausbaueri*

(Börner), *Proisotoma* cf. *recta* Stach, *Anurophorus* cf. *konseli* Kseneman, *Isotoma viridis* Bourl. und *Orchesella capillata* Kos. Die für das Toteisgebiet der Pasterze charakteristische *Isotoma* konnte ich im Bereich des Wasserfallkeeses nicht feststellen. Die Besiedlung mit Milben ist dürftig, nur eine *Bryobia* spec. konnte ich in größerer Zahl beobachten. An Spinnen stellte ich unter anderem eine *Sithicus* spec. fest.

An feuchten Stellen findet sich *Nebria germari norica* Schaub. als einziger Käfer. Die Art wurde von mir auch am Kleinen und Großen Burgstall sowie am Haldenhöcker unter dem Mittleren Burgstall festgestellt, während die auf den hochgelegenen Schneeböden der Mittleren Hohen Tauern sonst häufige *Nebria atrata* Dej. in der Pasterzenlandschaft nur am Großen Burgstall gefunden wurde. Als zweiten Käfer fand ich auf diesem in Gletschernähe oder auf aus den Firnfeldern ausgeaperten Felsinseln nur noch *Bembidion glaciale* Heer. Dieses flugfähige Tier findet sich auch in dem schon länger ausgeaperten Gelände vor dem Wasserfallkees sowie am Mittleren und Kleinen Burgstall. An Fliegen ist im Vorfeld des Wasserfallkeeses eine *Diamesa*-Art häufig, Anthomyiinen und Syrphiden, die ich gleichfalls dort antraf, sind dahin offenbar zugeflogen, ohne dauernd heimisch geworden zu sein.

Innerhalb des Wasserfallwinkels findet sich auf der orographisch linken Seite nur noch eine reich mit Tieren besiedelte Raseninsel. Es ist der durch seinen Reichtum an Edelweiß und anderen Alpenblumen ausgezeichnete Rasenfleck am Haldenhöcker unter dem Mittleren Burgstall. In SW-Exposition in 2600–2700 m Höhe gelegen, weist er einen stellenweise bis 40 cm mächtigen Boden vom Braunerdetypus auf.

In diesem lebt eine verhältnismäßig arten- und individuenreiche Bodentiergemeinschaft, aus der ich, zweifellos ohne die gesamte Formenmannigfaltigkeit erfaßt zu haben, die folgenden Arten angeführt habe (FRANZ, 1943): die Nematoden *Dorylaimus macrodorus* de Man, *D. hofmänneri* Menzel, *D. carteri* Bast., *D.* cf. *obtusicaudatus* Bast., *Anguillulina styriaca* Micol., *A. agricola* de Man und *Aphelenchoides parietinus* Bast., die Regenwürmer *Octolasium croaticum argoviense* Bretsch. und *Eisenia alpina* Rosa, nicht näher bestimmte Enchytraeiden, die Schnecken *Arianta arbustorum* L., *Columella edentula columella* G. v. Martens und sehr zahlreich *Pupilla alpicola* Charp., den Tausendfüßler *Taueriulus aspidiorum* Verh., die Spinne *Lycosa giebeli* Pav., den Weberknecht *Mitopus morio* F., die Milben *Parasitus anomalus* Willm., *Pergamasus* cf. *parvulus* Berl., *P.* cf. *noster* Berl., *P. franzi* Willm., *Gamasellus curvisetosus A[th]. Zercon perforatulus* Berl., *Bdella dispar* (C. L. Koch), *Microtrombidium sucidum* Berl., *Eulohmannia ribagai* Berl., *Nothrus borussicus* Sell., *Camisia biverrucata* (C. L. Koch), *Ceratoppia bipilis* (Herm.), *Belba tatrica* (Kulcz.), *B. granulata* Willm., *B. diversipilis* Willm., *Gymnodamaeus reticulatus* Berl., *Eremaeus oblongus* C. L. Koch, *Liebstadia similis* (Mich.), *Oribatula tibialis* (Nic.), *Trichoribates montanus* Irk, *Tectoribates alpinus* (Schweizer), *Fuscozetes setosus* (C. L. Koch) und *Notaspis coleoptratus* (L.), den Collembolen *Orchesella viridilutea* Stach, die Käfer *Leptusa alpigena* Scheerptz. (sehr zahlreich), *Dasytes alpigradus* Ksw. und *Chrysochloa speciosissima* var. *troglodytes* Ksw., die Fliegen *Neosciara diversiabdominalis* Lengersdf. (sehr zahlreich), *N. minima* Mg. und *Caenosciara ignava* Lgdf., ferner *Dicranomyia morio* F., *Alloeostylus diaphanus* W., *Rhynchotrichops subrostratus* Zett. und *Hylemyia discreta* var. *fugitiva* Schnabl. Es flogen ferner die Schmetterlinge *Vanessa urticae* (als Durchzugsgast), *Melithaea cynthia* Hb., *Erebia tyndarus* Esp. und *Endrosa irrorella* Cl. sowie die Hummeln *Bombus alpinus* L. und *B. derhamellus* Kirby. Die sandige Schutthalde neben dem Rasenfleck ist von einer typischen Schutthaldentiergemeinschaft besiedelt, die neben den Milben *Caeculus echinipes* (Duf.) und *Erythraeus regalis* (C. L. Koch) die Schnecken *Pyramidula rupestris* Drap. und *Arianta arbustorum* L., die Collembolen *Orchesella montana* Stach, *O. bifasciata* Nic., *Isotomurus palliceps* (Uzel) und *Lepidocyrtus cyaneus* Tullb., die Käfer *Byrrhus fasciatus* Forst., *Chrysomela crassicornis norica* Holdh. und *Otiorrhynchus chalceus* Strl. sowie die Schmetterlinge *Dasydia tenebraria innuptaria* H. S., *Psodos coracinus* Esp. und *Titanio phrygialis* Hb. umfaßt.

Im Vergleich mit diesem artenreichen Tierbestand ist der des Rasens am Kleinen Burgstall auffällig artenarm. Er liegt in 2530–2650 m Seehöhe und ist SE-exponiert.

Während der Mittlere Burgstall infolge des starken Rückganges des Wasserfallkeeses heute durch eine breite Zone eisfreien Geländes mit dem Pasterzenvorland verbunden ist und zweifellos vor dem Fernauvorstoß der Gletscher durch eine noch breitere eisfreie Zone mit diesem zusammenhing, war der Kleine Burgstall offenbar auch während der postglazialen Wärmezeit ein von Eis umflossener Nunatak oder doch nur durch vegetationsarme Schuttflächen mit dem Pasterzenvorland verbunden. Dafür spricht seine artenarme und auffällig lückenhafte Fauna, in der wenig ausbreitungsfähige im Boden lebende Tiere wie Tausendfüßler, aber auch wenig bewegliche Schnecken wie *Arianta arbustorum* L. und *Pyramidula rupestris* Drap., sowie flugunfähige Käfer wie *Leptusa alpigena* Schptz., *Byrrhus fasciatus* Forst. und *Otiorrhynchus chalceus* Strl. fehlen. Es wurden von mir (vgl. FRANZ, 1943) am Mittleren Burgstall in der überwiegenden Mehrzahl auf Schuttflächen, nicht im Rasen, die folgenden Tiere gefunden: nicht näher bestimmte Enchytraeiden und Regenwürmer (nach Nematoden, die sicher nicht fehlen, wurde nicht gesucht), die Schnecke *Vitrinopugio nivalis* (Charp.), der Weberknecht *Mitopus morio* F., die Spinnen *Lycosa ferruginea* (L. Koch), *L. giebeli* Pav. und *Gnaphosa badia* (L. Koch), die Milben *Pergamasus franzi* Willm., *Penthalodes ovalis* (Dug.), *Bdella iconica* Berl., *B. longicornis* (L.), *Neomolgus monticola* Willm., *Caeculus echinipes* (Duf.), *Podothrombium bicolor* (Herm.), *Microtrombidium sucidum* Berl. und *Erythraeus regalis* (C. L. Koch) (die Oribatiden wurden nicht aufgesammelt), der Springschwanz *Orchesella alticola* Uzel, die Käfer *Nebria germari* Heer, *N. castanea brunnea* Duft., *Bembidion glaciale* Heer, *Quedius spurius* Lok., *Malthodes trifurcatus atramentarius* Ksw., *Dasytes alpigradus* Ksw., *Aphodius mixtus* Villa und *Otiorrhynchus dubius* Ström, die Schmetterlinge *Gnophos caelibarius intermedius* Kautz (Raupen), *Endrosa roscida melanomos* Nick. (Puppen und Falter im Rasen und auf Schutt sehr zahlreich), *E. irrorella* Cl. (Raupen), ferner die Zikade *Anoterostemma theni* P. Löw und der kleine parasitische Hautflügler *Habrobracon instabilis* Wesm. Es sind dies durchwegs Tiere, die entweder flugfähig sind oder über Schutt zu wandern vermögen.

Noch wesentlich ärmer an Tierarten sind die nur von Pioniervegetation bewachsenen, aus den Gletschern und Firnfeldern emporragenden Felskuppen bzw. Felsinseln im Pasterzengrund, von denen ich die Kuppe des Mittleren und Großen Burgstalls sowie den Breitkopf untersuchte.

Auf der Höhe des Mittleren Burgstalls (2923 m) fanden sich bei der Untersuchung im Sommer 1938 nicht näher bestimmte Enchytraeiden, die Spinnen *Erigone remota* L. Koch, *Gnaphosa badia* (L. Koch) und *Arctosa alpigena* (Dol.), die Milben *Rhagidia intermedia alpina* Willm., *Penthalodes ovalis* (Dug.), *Bdella iconica* Berl., *Neomolgus monticola* Willm., *Cyta coerulipes* (Dug.), *Microtrombidium sucidum* Berl., und *Ceratoppia bipilis* (Herm.), der Springschwanz *Orchesella montana* Stach, die Fliege *Neosciara ventrosa* Lgdf., der Käfer *Bembidion glaciale* Heer, die Schmetterlinge *Vanessa urticae* L. (als Wanderfalter), *Agrotis fatidica* Hb., *Gnophos caelibarius intermedius* Kautz und *Psodos* cf. *alticolarius* (Raupen), sowie die Hymenopteren *Apanteles corvinus* Reinh. und *Meteorus rufulus* Thomas. Nematoden wurden nicht gesammelt, weitere Milben- und Collembolenarten hätten zweifellos bei Auslese von Bodenproben mittels Ausleseautomaten gefunden werden können.

Die Höhe des Großen Burgstalls (2973 m) war bei zwei Besuchen im Sommer 1937 und 1938 von folgenden Tierarten besiedelt: von den Enchytraeiden *Henlea dicksoni* (Eisen) und *Michaelseniella nasuta* (Eisen), von den Milben *Pergamasus franzi* Willm., *Rhagidia intermedia alpina* Will., *Bdella iconica* Berl., *Neomolgus monticola* Willm., *Caeculus echinipes* (Duf.), *Podothrombium bicolor* (Herm.), *Microtrombidium sucidum* Berl. und *Ceratoppia bipilis* (Herm.), den Spinnen *Oedothorax fuscus* (Blackw.), *Cornicularia cuspidata* (Blackw.), *Erigone remota* L. Koch, *Arctosa alpigena* (Dol.) und *Gnaphosa badia* (L. Koch), den Collembolen *Orchesella montana* Stach, *Isotomurus palliceps* Uzel und *Lepidocyrtus* cf. *lanuginosus* (Gmel.), den Käfern *Nebria germari* Heer, *N. atrata* Dej. und *Bembidion glaciale* Heer, den Fliegen *Neosciara ventrosa* Lgdf., *Lasiopticus pyrastri* L., *Epistrophe balteata* De G., *Hydrina nubeculosa* Strobl, *Fannia fuscula* Fall. und *Pogonomyia alpicola* Rond., den Schmetterlingen *Vanessa urticae* L.,

*Gnophos caelibarius intermedius* Kautz, *Psodos alticolarius* Mn., *Sphaleroptera alpicolana* Hb. und *Plutella maculipennis* Curt. sowie der Hummel *Bombus alpinus* L. Nematoden, kleine Milben und kleine euedaphische Collembolen wurden auch hier nicht gesammelt.

Am tierärmsten von allen untersuchten Felsinseln erwies sich bei einer im Sommer 1938 durchgeführten Aufnahme das firnfreie Gebiet des Breitkopfes (3150 m). Unter Steinen, die auf dem nur von spärlichen Vegetationspolstern von *Saxifraga rudolphiana*, *S. oppositifolia* und Moosen *(Bryum sp.)* bestandenen Rohboden auflagen, fanden sich hier: die Enchytraeiden *Henlea dicksoni* und *Fridericia* spec., die Milben *Rhagidia intermedia alpina* Willm. und *Bdella subulirostris* Berl., die Spinnen *Erigone remota* L. Koch, *Maso sundevalli* (Westr.) und *Centromerus silvaticus* (Blackw.), die Collembolen *Orchesella alticola* Uzel, *Onychiurus sibiricus* (Tullb.) und *O.* cf. *armatus* Tullb., sowie der Schmetterling *Gnophos caelibarius intermedius* Kautz (Raupen und Falter). Nematoden wurden nicht, Milben und Collembolen nicht erschöpfend aufgesammelt.

Da der Breitkopf während des letzten Gletscherhochstandes im Jahr 1856 vermutlich vollkommen firnbedeckt war, ist er nach dem Wiederausapern neu besiedelt worden. Für flugfähige Insekten, wie Schmetterlinge, besteht keine Schwierigkeit über den Gletscher auf neu ausgeaperte Felsinseln zu gelangen. Man findet nicht selten vom Winde angewehte Falter tot auf dem Gletschereis. Gelangen sie auf vegetationsbestandenes eis- und schneefreies Gelände, so vermögen sie sich dort fortzupflanzen, wenn es das Klima gestattet und geeignete Nahrungspflanzen zur Verfügung stehen. Auch für Spinnen ist die Wanderung über den Gletscher nicht schwierig, da sich Jungtiere mittels ihrer Gespinste vom Winde weithin verfrachten lassen. Diese besonders im Spätsommer häufig zu beobachtende Erschcinung ist im Volksmund unter der Bezeichnung „Altweibersommer" bekannt. Von kleinsten Organismen wie Bakterien, aber auch Bärtierchen (Tardigraden) und Nematoden ist bekannt, daß sie als Dauerstadien von Luftströmungen über weite Strecken verfrachtet werden. Wesentlich schwieriger ist es, sich die Verbreitung von Enchytraeiden, immerhin meist über 1 cm langen Borstenwürmern, oder auch von zarten Milben und Collembolen über das Eis vorzustellen. Vielleicht erfolgt auch ihre Verfrachtung im Eistadium durch Luftströmungen gemeinsam mit anorganischem Staub, der ja, wie bodenkundliche Forschungen ergeben haben und man häufig an der oberflächlichen Verschmutzung der Gletscher und Firnfelder erkennen kann, im Hochgebirge weithin verweht wird. Es wäre eine lohnende Aufgabe, die Besiedlung der zur Zeit im Zuge des Gletscherrückganges im Einzugsgebiet der Pasterze allenthalben ausapernden Felsinseln mit kleinen Tieren kontinuierlich über eine längere Reihe von Jahren zu beobachten, wobei die Aufstellung von Fallen für Luftplankton besonders aufschlußreiche Ergebnisse erwarten ließe.

# Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---|---|
| Abh. d. z. bot. G. Wien | Abhandlungen der zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien |
| Allg. B. Z. | Allgemeine Bergsteiger-Zeitung |
| Alp. | Alpinisme |
| Abh. Zweigst. Wien d. R. f. Bodenf. | Abhandlungen der Zweigstelle Wien der Reichsstelle für Bodenforschung |
| Austr.-N. | Austria-Nachrichten |
| B. u. B. | Berg und Buch |
| B. u. H. | Berge und Heimat |
| B. u. H. Jb. bzw. M. H. | Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch bzw. Monatshefte der Montanistischen Hochschule Leoben. Wien |
| Bayr. H. | Bayerische Heimat |
| Ber. d. dt. Wetterd. i. d. US-Zone | Berichte des deutschen Wetterdienstes in der US-Zone |
| Bergst. | Der Bergsteiger |
| Biokl. Bl. | Bioklimatische Blätter |
| Bl. f. N. K. u. N. Sch. | Blätter für Naturkunde und Naturschutz |
| Car. II | Carinthia II |
| D. A. Z. | Deutsche Alpen-Zeitung |
| D. Bauw. | Die Bauwirtschaft |
| De Bergg. | De Berggids |
| Denkschr. d. Ak. d. Wiss. | Denkschrift der Akademie der Wissenschaften |
| Geogr. | Geography. London |
| Geogr. J. B. a. Ö. | Geographischer Jahresbericht aus Österreich. Wien |
| Geogr. Z. | Geographische Zeitschrift |
| Geol. R. | Geologische Rundschau |
| Ill. It. | Illustrazione Italiana |
| J. B. d. Sonnbl. V. | Jahresberichte des Sonnblick Vereins |
| J. d. V. z. Sch. d. Alpenpfl. u. -T. | Jahrbuch des Vereins zum Schutze der Alpenpflanzen und -Tiere |
| J. B. Bodenf. | Jahrbuch für Bodenforschung |
| L. u. U. | Leben und Umwelt |
| M. d. D. A. V. | Mitteilungen des Deutschen Alpenvereins |
| M. d. D. u. Ö. A. V. | Mitteilungen des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins |
| M. d. Ö. A. V. | Mitteilungen des Österreichischen Alpenvereins |
| M. d. G. f. Salzb. L. | Mitteilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde |
| M. d. Geogr. G. München | Mitteilungen der Geogr. Gesellschaft München |
| M. d. Geogr. G. Wien | Mitteilungen der Geogr. Gesellschaft Wien |
| N. u. K. | Natur und Kultur |
| N. Sch. | Naturschutz |
| Nachr. d. V. z. Sch. d. Alpenpfl. u. -T. | Nachrichten des Vereins zum Schutze der Alpenpflanzen und -Tiere |
| N. u. L. | Natur und Land |
| M. d. Ö. Geogr. G. | Mitteilungen der Österreichischen Geogr. Gesellschaft |
| Ö. A. Z. | Österreichische Alpen-Zeitung |
| Ö. Bauz. | Österreichische Bauzeitung |
| Ö. Wasserwirtsch. | Österreichische Wasserwirtschaft |
| Ö. Z. E. | Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft |
| P. M. | Petermanns Mitteilungen |
| Photog. u. Forsch. | Photographie und Forschung |
| Rev. de Géogr. Alpine Grenoble | Revue de Geogr. Alpine Grenoble |
| Riv. mens. d. C. A. I. | Rivista mensile del Club Alpino Italiano |
| Sber. d. Ö. Ak. d. Wiss. | Sitzungsberichte der Österreichischen Akademie der Wissenschaft |
| Schriftenr. d. Ö. Wasserw. | Schriftenreihe des Österreichischen Wasserwirtschaftsverbandes |
| Schw. N. Sch. | Schweizer Naturschutz |
| Südd. Sonntagspost | Süddeutsche Sonntagspost |
| Un. Géod. | Union Géodésique |
| Ver. Bot. C. | Verh. des Bot. Centralblatts |
| Ver. Geol. B. A. | Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt |
| Ver. G. R. A. | Verhandlungen der Geologischen Reichsanstalt |
| Ver. R. Bod. Forsch. | Verhandlungen der Reichsstelle für Bodenforschung |
| W. u. L. | Wetter und Leben |

| | |
|---|---|
| Wasserw. | Die Wasserwirtschaft |
| Z. Geofisica pura e appl. | Zeitschrift Geofisica pura e applicata |
| Z. d. Geol. G. | Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft |
| Z. f. Geomorph. | Zeitschrift für Geomorphologie |
| Z. f. Gl. | Zeitschrift für Gletscherkunde |
| Z. f. Gl. f. Eisz. u. G. d. Kl. | Zeitschrift für Gletscherkunde, für Eiszeitforschung und Geschichte des Klimas |
| Z. d. Ö. Ing. u. Arch. V. | Zeitschrift des Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Verbandes |
| Z. f. Verm. | Zeitschrift für Vermessungswesen |

# Verwendetes und weiterführendes Schrifttum


ABEL, W.: Geschichte der deutschen Landwirtschaft vom frühen Mittelalter bis zum 19. Jahrh. Stuttgart 1962

ABUJA, M.: Geschichte der alten Glocknerstraße. In: Festschr. A. V. Klagenfurt 1950, S. 35–44

AICHINGER, E.: Vom Kampf des Waldes u. der Verbreitung alpiner Pflanzen. In: J. z. Sch. d. Alpenpfl. u. -T. 23. 1958, S. 139–149

– Vergleichende Studien über prähistorische u. historische Waldentwicklung zur Frage d. postglazialen Wärmezeit u. Klimaverschlechterung. In: Mitt. d. Akad. d. Deutschen Forstwiss. Jg. 3. Bd. 1, 1943, S. 80–105

AIGNER, A.: Vorzeitformen in den ostalpinen Zentralketten. In: Sieger-Festschrift 1924, S. 22–36

Alpen-Nationalpark. Ein Alpen-Nationalpark Hohe Tauern. In: N. u. L. 45, 1959, S. 49

ANGEL, F. u. HERITSCH, F.: Das Alter der Zentralgneise in den Hohen Tauern. In: Zbl. Min. Geol. Pal. Abt. B, 1931, S. 516–527

ANGEL, F.: Gesteinskundliche u. geologische Beiträge zur Kenntnis der Schobergruppe in Osttirol. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1929, S. 126–135, 146–166, 185–190, 213–224

– Gesteinskundliche und geologische Betrachtungen in Osttirol. In: M. Natw. Ver. Stmk. 66, 1929, S. 55–63

– Mineralzonen u. Mineralfazies in den Ostalpen. In: Wiss. J. d. Univ. Graz 1940, S. 251–304

– Der Stüdlgrat. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1929, S. 69–89

ANGERER, E.: Naturschutz u. Alpenverein. In: N. u. L. 46, 1960, S. 62

ANGERER, H.: Beobachtungen am Pasterzengletscher. In: Car. II. 1902, S. 194–205, 240–253; 1903, S. 212–230; 1906, S. 87–95, 179–182; 1907, S. 106–120; 1908, S. 162–169; 1910, S. 67–91; 1911, S. 57–62; 1912, S. 72–84; 1913, S. 55–58

– Gletscherbeobachtungen an der Pasterze. In: Z. f. Gl. 5, 1910/11, S. 152–153; 6, 1911/12, S. 346–347; 7, 1912/13, S. 345–348; 8, 1913/14, S. 282–283; 9, 1914/15, S. 350–351; 10, 1916/17, S. 121–122, 235; 11, 1917/18, S. 200–201

Anstiegsblätter der Deutschen Alpenzeitung: Großglockner. In: N. u. L. 31, 1936, S. 85

ARZT, TH.: Kleinklimatische Messungen an der Glockner-Hochalpenstraße. In: Ber. d. dt. Wetterd. i. d. US-Zone 42, Festschr. K. Knoch. 1952, S. 263–269

ASCHER, H.: Weitere Beiträge zur Geologie des Stubachtales. In: J. Geol. B. A. Wien 82, 1932, S. 103–125

– u. POWONDRA, K.: Über geologisch-technische Erfahrungen beim Bau des Stubachwerkes. In: J. Geol. B. A. Wien 80, 1930, S. 216–308

– Die geologischen Gründe für die Wahl der Gewölbemauer bei der Limbergsperre, Kaprun. In: Ö. Wasserwirtsch. 2, 1950, 10, S. 219

AUER, CH.: Untersuchungen über die natürliche Verjüngung der Lärche im Arven-Lärchenwald des Oberengadins, Zürich, Diss. E. T. H.Mitt. Schweiz. Anst. f. d. forstl. Versuchswesen 25, 1947

Aufruf zum Gamsgruben-Projekt der Großglockner-Hochalpenstraße-A. G. In: M. d. D. u. Ö. A. V. 62, 1936, S. 113

AULITZKY, H.: Die Bodentemperaturverhältnisse an einer zentralalpinen Hanglage beiderseits der Waldgrenze. (Teil II u. III) In: Arch. f. Met. Geogr. u. Bioklimat. Serie B, Wien 1962, S. 301–362, 363–376

– Über die lokalen Windverhältnisse einer zentralalpinen Hochgebirgs-Hangstation. In: Arch. f. Met. Serie B, Wien 6, 1955, S. 353–373

– Lage und Ausmaß der „Warmen Hangzone" in einem Quertal der Inneralpen. In: Annalen der Meteorologie, N. F., Nr. 3, 1967, S. 159–165

BACHINGER, J.: Über ein Mineralvorkommen aus der Fusch. In: Tschermaks Min. Petr. Mitt. 6, 1884, S. 40

BAKKER, J. P.: A forgotten factor in the interpretation of glacial stairways. Z. f. Geomorph. N. F. Bd. 9, 1965, S. 18–34

BALDAUF, K.: Pfingstfahrten in der Glocknergruppe. In: Austria-N. 74, 1936, S. 73

BALOGH, J.: Pallavicini-Rinne. In: Berg u. Ski 16, 1936, S. 139

BANCALARI, G.: Die Hausforschung u. ihre bisherigen Ergebnisse in den Ostalpen. In: J. d. D. u. Ö. A. V. 24, 1893, S. 128–174

BARNICK, H.: Brennkogel-Spritztour. In: Bergst. 32, 1964/65, S. 316–319

BAUMWOLF, K. M.: Vor 60 u. 30 Jahren auf den Großglockner, 3797 m. In: Allg. B.-Z. 14, 1936, Nr. 673–680

BECK, H.: Aufnahmsberichte über Blatt Mölltal (5250). In: Ver. Geol. B. A. Wien. 1931, S. 26–29; 1932, S. 26–30; 1933, S. 25–28; 1934, S. 24–26; 1935, S. 22–25; 1936, S. 43–45; 1937, S. 43–48; 1938, S. 39–42; 1939, S. 31–32

BECKE, F.: Mineralbestand u. Struktur der kristallinen Schiefer. In: Denkschr. d. Ak. d. Wiss. Wien, m. nw. Cl. 75, 1913, 229 S.

– Olivinfels u. Antigoritserpentin aus dem Stubachtal. In: Tschermaks Min. Petr. Mitt. 14, 1895, S. 271–276
BENEDICT, P. C.: Zur Tektonik der südlichen Granatspitzgruppe. Phil. Diss. d. Univ. Zürich. Wien: Brüder Rosenbaum 1952, 105 S.
BENESCH, E.: Der Alpenverein u. die Hohen Tauern. Glocknergruppe. In: Gallhuber: Die Hohen Tauern, 1935, S. 188
BERGMANN, J.: Die Gestalt des Hochalpenhauses als Funktion der Landschaft. In: J. d. D. u. Ö. A. V. 56, 1925, S. 9–43
Bergsteigerkurse im Großglocknergebiet. In: Bergst. 29, 1961/62, S. 609
Bergunglück am Großen Wiesbachhorn. In: Bergst. 19, 1951/52, S. 78
BERNHARD, H.: Die Landbauzonen u. ländlichen Ansiedlungsbedingungen in Österreich. In: Beitr. z. Agrargeogr. 5, 1930
BERNHARD, H., KOLLER, A., CAFLISCH, CH.: Studien zur Gebirgsentvölkerung. In: Beitr. z. Agrargeogr. 4, 1928
Berufstätigen. Die – nach ihrer wirtschaftlichen Zugehörigkeit auf Grund der Volkszählungen der Jahre 1951 u. 1961. Hrsg. v. b. Österr. Statist. Zentralamt, Wien
BERWERTH, F.: Neue Scheelitvorkommen in den östlichen Centralalpen. In: Tschermaks Min. Petr. Mitt. 18, 1899, S. 559
BIEBL, R.: Über die Pflanzendecke des Großglockners. In: Photog. u. Forsch. 1935/36, S. 153
BIERENS DE HAAN, J. A.: De Pasterze ver knoeid! In: De Bergg. 5, 1937, S. 252
BILLMEIER, H.: Wenn ich sterben sollte, ehe ich den Gipfel erreiche... Von den ersten Alpinisten... In: Südd. Sonntagsp. 11, 1937, Nr. 30
BISTRITSCHAN, K. u. BRAUMÜLLER, E.: Die Geologie des Stollens Rauris-Kitzloch im Bereich des Tauernnordrandes. In: M. Geol. G. Wien 49, 1956, S. 85–105
BISTRITSCHAN, K.: Die Geologie des Stollens Schneiderau – Wirtenbach im Stubachtal. In: Skizzen zum Antlitz der Erde, Kober-Festschrift 1953, S. 323–328
– Bundesland Salzburg. Geologische Übersichtskarte 1:200000. In: Salzburg-Atlas. Salzburg 1955, S. 14–16
Biwakschachtel unter dem Großglockner. In: M. d. Ö. A. V. 13 (83,) 1958, S. 91
Bodennutzungserhebungen der Jahre 1948–1967. Hrsg. v. Österr. Statist. Zentralamt, Wien
BÖCK, H.: Die Fortschritte beim Bau des Tauernkraftwerkes in Kaprun während des Jahres 1948. In: Wasserw. 40, 1949/50, Sonderh. 19
– Das Kraftwerk Kaprun. In: Ö. Z. E. 3, 1950, 10, S. 256
– Zur Methode von Niederschlagsmessungen im Hochgebirge. In: Österr. Wasserwirtschaft. 1951, S. 103
BÖHM, H.: Die geländeklimatische Bedeutung des Bergschattens und der Exposition für das Gefüge der Natur- und Kulturlandschaft. In: Erdkunde Bd. 20, Bonn 1966
BÖHMER, H.: Baugeschichte der Kraftwerks-Gruppe Glockner-Kaprun. In: Die Hauptstufe des Tauernkraftwerkes. Zell a. See 1951, S. 15–28
BÖLSCHE, R.: Das Smaragdvorkommen im Habachtal (u. weitere Arbeiten) In: Der Aufschluß. 5, 1954, S. 106–111; 6, 1955, S. 158–165; 8, 1957, S. 145–149; 10, 1959, S. 84–87; 12, 1961, S. 204–208; 13, 1962, S. 303–305
BOROWICKA, H.: 1966: Versuch einer stratigraphischen Gliederung des Dolomit-Kalkmarmorzuges zwischen Dietersbachtal und Mühlbachtal (Oberpinzgau, Salzburg). Geol. Inst. Univ. Wien, unpubl.
BORTENSCHLAGER, S.: Pollenanalytische Untersuchung des Dobramoores in Kärnten. In: Car. II. Jg. 76, 1966, S. 59–74
BRANDENSTEIN, W.: Wann wurde der Großglockner zum erstenmal erstiegen? In: Ö. A. Z. 57, 1935, S. 114
– Siedlungsgeschichte des nördlichen Osttirols im Lichte der Ortsnamenforschung. In: Festschr. d. D. A. V. Prag 1930, S. 229–245
BRAUCH, W.: Rezente u. eiszeitliche Schnee- und Waldgrenzen als Klimazeugen. Mainz Diss. 1953
BRAUMÜLLER, E.: Aufnahmsbericht über Blatt St. Johann i. Pg. (5050) In: Ver. Geol. B. A. Wien 1938, S. 53–57
– Geschichte von Kärnten. Klagenfurt 1949
– Der Nordrand des Tauernfensters zwischen dem Fuscher- u. Raurisertal. In: Mitt. Geol. Ges. Wien 30–31, 1939, S. 37–150
– Der Tauernnordrand zwischen dem Fuscher- und Rauristal. In: Anz. Ak. Wiss. Wien, m. nw. Kl. 1936, Nr. 11. S. 101–105
– u. Prey. S.: Zur Tektonik der mittleren Hohen Tauern. In: Ber. Reichsanst. f. Bodenf. Wien 1943, S. 113–140
BRAUN-BLANQUET, G. u. J.: Recherches phytogéographiques sur le Massif du Großglockner. In: Rev. geogr. alp. 19, 1931
– J.: La Végétation alpine et nivale des Alpes francaises. In: VIIIe Congrès Internat. Bot. Paris-Nice 1954, S. 27–96
– Die inneralpine Trockenvegetation. Geobotanica selecta 1, Stuttgart 1961
BRENDLER, W.: Mineralogische Touren in den Hohen Tauern. In: Der Aufschluß, 5, 1954, S. 203–208
BROCKAMP, B.: Bemerkungen zu den seismischen Untersuchungen auf dem Pasterzengletscher. In: Z. f. Gl. 21, 1933/34, S. 183–184
– Beobachtungen an einer Druckzone auf dem Pasterzengletscher. In: Z. f. Gl. 4, 1958–61, S. 234–236

– u. MOTHES, H.: Seismische Untersuchungen auf dem Pasterzengletscher. In: Z. f. Geophys. 6, 1930, S. 482–500; 7, 1931, S. 232–240
– u. –: Seismische Untersuchungen am Pasterzenkees. In: Z. f. Gl. 19, 1931, S. 1–17
– Reflektionsseismische Wiederholungsmessungen auf dem Pasterzengletscher u. ihre Bedeutung für die Feststellung von Gletscher- u. Inlandseisschwankungen. In: Soc. de Géophysique, Ass. Gén. de Toronto 4, 1957, S. 509–513
BROCKMANN-JEROSCH, A.: Baumgrenze und Klimacharakter. In: Beiträge z. geobot. Landesaufnahme 6, 1919
BRÜCKNER, E.: Die Hohen Tauern u. ihre Eisbedeckung. In: Z. d. D. u. Ö. A. V. 17, 1887, S. 163–187
BRUNLECHNER, A.: Die Minerale des Herzogthums Kärnten. Klagenfurt 1884
BUCHENAUER, L.: Der große Glocknerweg – Hundert Jahre Stüdlgrat. In: Bergst. 31, 1963/64. S. 913 bis 917
BÜNKER, J. R.: Dorffluren u. Bauernhäuser der Gegend von Lienz (Tirol). In: M. d. Anthropolog. Ges. in Wien 44, 1919, S. 337–362
BÜDEL, J.: Die doppelten Einebnungsflächen in den feuchten Tropen. Z. f. Geomorph, NF. Bd. 1, Berlin 1957a, S. 201–228
– Die Flächenbildung in den feuchten Tropen und die Rolle fossiler solcher Flächen in anderen Klimaräumen. Deutscher Geographentag Würzburg 1957b, Tagungsber. u. wiss. Abh. Wiesbaden 1958, S. 89–121
– Die Frostschuttzone Südost-Spitzbergens. Coll. Geograph. Bd. 6, Bonn 1960, S. 104
– Die Abtragungsvorgänge auf Spitzbergen im Umkreis der Barents-Insel auf Grund der Stauferland-Expedition 1959/60. Deutscher Geographentag Köln 1961. Tagungsber. u. wiss. Abh. Wiesbaden 1962, S. 337–373
– Klima-genetische Geomorphologie. Geogr. Rdsch. 15. Jg., 1963, S. 269–285
– Die Relieftypen der Flächenspülzone Süd-Indiens am Ostabfall Dekans gegen Madras. Coll. Geograph. Bd. 6, Bonn 1965, 100 S.
– Climatological Geomorphology. Vortrag beim 21. Int. Geographenkongress in Neu Delhi 1968
CANAVAL, R.: Die Erzvorkommen nächst der Großglockner-Hochalpenstraße. In: B. u. H. Jb. bzw. M. H. 74, 1926, S. 22
CLAR, E. u. HORNINGER, G.: Übersichtsexkursion Baugeologie. In: M. Geol. Ges. Wien 1964, S. 107–145
– Zum Bewegungsbild des Gebirgsbaues der Ostalpen. In: Ver. Geol. B. A. Wien. Sonderh. G. 1965, S. 11–35; Z. d. Geol. G. 116, 1964, S. 267–291
– Zur Einfügung der Hohen Tauern in den Ostalpenbau. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1953, S. 93–104
– u. CORNELIUS, H. P.: Erläuterungen zur geologischen Karte des Großglocknergebietes. 1:25000, Wien 1935
– u. – Geologie des Großglocknergebietes. T. 1. Abh. Zweigst. Wien f. Bodenf. Wien 35, 1939, 306 S.
– Gesteinswelt u. geologischer Bau längs der Großglockner-Hochalpenstraße. In: Car. II. 63, (143) 1953, S. 176–184
– u. CORNELIUS, H. P.: Die Großglockner-Hochalpenstraße. In: Geol. B. A. Wien Inqua-Führer 1936, S. 11
– Über die Herkunft der ostalpinen Vererzung. In: Geol. Rdsch. 42, 1953, S. 107–127
– Die geologische Karte des Großglocknergebietes. In: Karinthin 9, 1950, S. 168–171
– u. CORNELIUS, H. P.: Lehrausflug in das Gebiet der Großglockner-Hochalpenstraße am 19. Juli 1938 In: Z. d. Geol. G. 90, 1938, S. 560
– Modereckdecke oder Rote Wandgneisdecke. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1932, S. 153–157
– Naturschutz im Glocknergebiet. In: M. d. D. u. Ö. A. V. 62, 1936, S. 141–142
– Vorbericht über geologische Aufnahmen in der Glocknergruppe. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1930, S. 121–126
– Zweiter Vorbericht über geologische Aufnahmen in der Glocknergruppe. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1931, S. 107–110
– u. CORNELIUS, H. P.: Dritter Vorbericht über geologische Aufnahmen im Glocknergebiet. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1932, S. 75–80
– u. – Vierter Vorbericht über geologische Aufnahmen in der Glocknergruppe. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1933, S. 76–80
COAZ, J.: Erste Ansiedlung phanerogamer Pflanzen auf von Gletschern verlassenem Boden. In: Mitt. Naturf. Ges. Bern 1886, Nr. 1143–1168, S. 3–12
COLE, R.: The Hydro-electric Power Scheme in the Glockner-Kaprun Area of Austria. In: Geogr. 38, 1953, S. 93
CORNELIUS, H. P.: Zur Auffassung der Ostalpen im Sinne der Deckenlehre. In: Z. d. Geol. G. 92, 1940, S. 271–312
– Neue Aufnahmen aus dem Matreier Tauerntal. In: Ber. Reichs. A. f. Bodenf. Wien 1942, S. 4–6
– Geologische Aufnahmen im Bereiche der Kartenblätter Großglockner – Zell am See – Hofgastein. In: J. B. 1938 Bodenforsch. Wien 1939, S. 38
– Aufnahmebericht über Blatt Großglockner (5149) In: Ver. Geol. B. A. Wien 1932. S. 35, 1937, S. 60–63, 1938, S. 51–52
– Beobachtungen am NE-Ende der Habachzunge Venedigermassiv, Hohe Tauern. In: Ber. Reichsst. f. Bodenf. Zweigst. Wien 1944, S. 25–31
– Über einige Bergstürze im Virgental. In: Ber. Reichsst. f. Bodenf. Zweigst. Wien 1941, S. 67–74
– Der Bergsturz des Ganotz im Kalser Tal. In: Z. f. Geomorph. 10, 1937, S. 87–100

Bericht über außerplanmäßige Aufnahmen auf Blatt Großglockner. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1935, S. 28
– Vorläufiger Bericht über geologische Aufnahmen im Stubach- u. Kaprunertal. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1930, S. 117–121
– Bericht über Revisionen auf Blatt Kitzbühel – Zell am See (5049) sowie Anschlußbegehungen auf Blatt Großglockner (5149) In: Ver. Geol. B. A. Wien 1934, S. 31–32
– Vorläufiger Bericht über geologische Untersuchungen im Gebiete der Großvenedigergruppe. In: Anz. Öst. Ak. Wiss. m. nw. Kl. 86, 1949, S. 223–224
– Zur Deutung der hellen Pseudomorphosen in Prasiniten der Hohen Tauern. In: Ber. Reichs-A. f. Bodenf. Wien 1942, S. 101–103
– Neue Erfahrungen über Gesteinsmetamorphose in den Hohen Tauern. In: Ber. Reichs-A. f. Bodenf. Wien 1942, S. 178–182
– Zur Geologie des oberen Felber u. Matreier Tauerntales u. zur Altersfrage der Zentralgneise. In: Ber. Reichsst. f. Bodenf. Wien 1941, S. 14–20
– Zur Geologie von Lützelstubach (Hohe Tauern) In: Ver. Geol. B. A. Wien 1935, S. 145–147
Cornelius, H. P.: Zum Betrag der jugendlichen Hebung der Alpen. M. d. Geogr. G. Wien 1950, S. 161–171
– Geologisches über die Granatspitzgruppe. In: Z. d. D. A. V. 73, 1942, S. 61–68
– Die Herkunft der Magmen nach Stille vom Standpunkt der Alpengeologie. In: Sber. Ak. d. Wiss. Wien m. nw. Kl. Abt. I. 158, 1949, S. 543–570
– Zur magmatischen Tätigkeit der alpidischen Geosynklinale. In: Ber. Reichsst. f. Bodenf. Wien 1941, S. 89–94
– Über die Tektonik der zentralen Granatspitzgruppe u. der südöstlichen Venedigergruppe. In: Z. Dtsch. Geol. Ges. Berlin 93, 1941, S. 523
– Ein Vorkommen von Lazulith am Graulahnerkopf. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1936, S. 115–116
Credner, W.: Kurs für Hochgebirgsforschung 1941 (Pasterzenkees) In: Geogr. Z. 48, 1942, S. 59–61
Creutzburg, N.: Formen der Eiszeit im Ankogelgebiet. Ostalp. Formenstudien, Berlin 1921
Daeniker, A.: Biologische Studien über Wald- und Baumgrenze, insbes. über die klimatischen Ursachen und deren Zusammenhänge. In: Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zürich 1923
Dal Piaz, G., u. Bianchi, A.: Monografia geologico. petrografica sull' Alto Adige orientale e regioni limitrofe. T. 1. 2. In: Mem. dell 'Ist. Geol. della R. Univ. di Padova 10, 1934, S. 1–242, 1–243
Damith, F.: Vorsommerliche Skifreuden im Glocknergebiet. In: Bergst. 24, 1956/57, S. 349–353
Damm, B. u. Simon, W.: Das Tauerngold. In: Der Aufschluß, Sonderh. 15, 1966, S. 98–119
Del Negro, W.: Diskussionsabend u. Bericht über einige neuere Tauernarbeiten. In: Mitt. Natw. Arb. Gem., Haus der Natur, Salzburg 5, 1954, S. 47–53
– Geologische Forschung in Salzburg 1949–1956. In: M. Geol. G. Wien 49, 1956, S. 107–128
– Geologie von Salzburg. Innsbruck 1950, 348 S.
– Salzburg. Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefaßten Einzeldarstellungen. Wien 1960, 55 S.
– Stand u. Probleme der geologischen Erforschung des Landes Salzburg. – Die naturwissenschaftliche Erforschung des Landes Salzburg. Stand 1963. In: Naturwiss. Arbeitsgem. am Haus d. Natur, Salzburg 1963, S. 7–21
– Die Tauerntagung der österreichischen Geologen in Bruck an der Glocknerstraße (4.–10. 10. 1961) In: Mitt. Naturw. Arbeitsgem. Haus d. Natur, Salzburg. Geol. Min. Arb. Gruppe 13, 1962, S. 14–24
– Historischer Überblick über die geologische Erforschung Salzburgs. In: Veröff. aus d. Haus d. Natur in Salzburg 15, N. F. H. 1, Abt. II, 1964, S. 5–12
Denkschrift gegen die beabsichtigte Zerstörung des Naturschutzgebietes der Pasterze in der Bauperiode 1936 der Großglockner-Hochalpenstraße. In: M. d. D. u. Ö. A. V. 62, 1936, S. 114–115; D. A. Z. 31, 1936, S. 457
Diegel, F.: Was kostet der Großglockner? In: Bergst. 24, 1956/57, S. 493
Dinklage, K.: Geschichte der Kärntner Landwirtschaft. In: Gesch. d. Kärntner Landwirtschaft u. bäuerliche Volkskunde Kärntens. Klagenfurt 1966
Distel, L.: Die Formen ostalpiner Hochtäler, insbesondere im Hohen Tauerngebiet und ihre Beziehung zur Eiszeit. M. d. Geogr. G. München 1912, S. 1–132
Dittler, E. u. Hueber, H.: Über den Chemismus der Mineralien von den Totenköpfen im Stubachtal. In: Annal. d. Naturhist. Mus. Wien 46, 1932, S. 185–199
Döll, S.: Gold in Breunnerit von Pregratten. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1892, S. 353
Domes, N.: Die klimatisch bedingte Abnahme des Ertrages von Wald u. Weide im Gebirge. Wien, Leipzig 1936
Donaubauer, E.: Über die Schneeschütte-Krankheit (Phacidium infestans Karst.) der Zirbe (Pinus cembra L.) u. einige Begleitpilze In: Mitt. d. forstl. Bundesversuchsanst. Mariabrunn 60, 1963
Drofenig, M.: Geomorphologie der nördlichen Glocknergruppe. Graz 1934, Diss. 114 S.
Eblin, B.: Die Vegetationsgrenzen der Alpenrose als unmittelbarer Anhalt zur Feststellung früherer, bzw. möglicher Waldgrenzen in den Alpen. In.: Ztschr. f. d. Forstwesen 52, 1901, Nr. 5, 6
Egger, A.: Beitrag zur Geologie der südöstlichen Venedigergruppe. Wien 1954, Unveröff. Diss. 194 S.
– Die Geschichte der Glocknerfahrten. In: J. d. Ö. A. V. 1, 1865, S. 33–58
Eigl, J.: Charakteristik der Salzburger Bauernhäuser. Mit bes. Berücksichtigung der Feuerungsanlagen. In: M. d. Ges. f. Salzburger Landeskunde. 35, 1895, S. 81–143
– Das Salzburger Gebirgshaus, Wien 1894

- Die Salzburger Rauchhäuser u. die bauliche Entwicklung der Feuerungs-Anlagen im Salzburger Bauernhause. In: Mitt. d. Anthropol. Ges. Wien 24, 1894
Einweihung der neuen Rudolfshütte. In: M. d. Ö. A. V. 14 (84) 1959, S. 46
Ellenberg, H.: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Stuttgart 1963
Elsässer, K.: Letzte Bergfahrt mit Herbert Paidar (Glocknergebiet). In: Bergst. 19, 1951/52, S. 76–81
Ergebnisse der Alpstatistik Österreichs. Hrsg. v. Österr. Stat. Zentralamt, Wien, Gesamtergebnisse f. Österreich (1957) u. Landeshefte Kärnten (1955) Tirol (1957) u. Salzburg (1955)
- der land- u. forstwirtschaftlichen Betriebszählungen der Jahre 1951 u. 1960. Hrsg. v. Österr. Stat. Zentralamt Wien
- der Häuser- u. Wohnungszählung des Jahres 1961. Hrsg. v. Österr. Stat. Zentralamt Wien
- der landwirtschaftlichen Statistik der Jahre 1946–1967. Hrsg. v. Österr. Stat. Zentralamt Wien
- der allgemeinen Viehzählungen der Jahre 1946–1967. Hrsg. v. d. Kammer f. Land- u. Forstwirtschaft in Kärnten, Tirol u. Salzburg
- der Volkszählungen vom 21. März 1951 u. 21. März 1961, Hrsg. v. Österr. Stat. Zentralamt, Wien
Erker, K.: Kärntens Landwirtschaft zwischen Technik u. Markt. In: Gesch. d. Kärntner Landwirtschaft u. bäuerliche Volkskunde Kärntens. Hrsg. v. d. Kammer f. Land- u. Forstwirtschaft in Kärnten. Klagenfurt 1966
Evola, G.: Ghiacci e spirito. In: Riv. mens. d. C. A. I. 56, 1937, S. 31
- Il Groß-Glockner per la „via Pallavicini". In: Riv. mens. d. C. A. I. 54, 1935, S. 614
Exner, Ch.: Bericht über eine Vergleichsexkursion im Venedigergebiet. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1961, S. 56–59
- Erläuterungen zur geologischen Karte der Sonnblickgruppe. Wien: Geol. B. A. 1964, 170 S.
- Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung von Gastein, Wien: Geol. B. A. 1957, 168 S.
- Geologische Probleme in den Hohen Tauern. In: Ver. Geol. B. A. Wien Sonderh. C, 1952, S. 86–95
- Der rezente Sial – Tiefenwulst unter den östlichen Hohen Tauern. In: M. Geol. Ges. Wien 39-41, 1951, S. 75–84
- Sonnblicklamelle u. Mölltallinie. In: J. G. B. A. Wien 105, 1962, S. 273–286
- Structures anciennes et recentes dans les Gneiss polymetamophiques de la Zone pennique des Hohe Tauern. In: Livre à la Memoire du Professeur Paul Fallot. Soc. Geol. France 2, 1963, S. 503–515
- Tektonik, Feldspatausbildung u. deren gegenseitige Beziehung in den östlichen Hohen Tauern. In: Tschermaks Min. Petr. Mitt. 3, F, 1, 1949, S. 197–284
- Zum Zentralgneis-Problem der östlichen Hohen Tauern. In: Radex-Rundschau 1953, S. 417–433
Faegri, K.: Über die Längenvariationen einiger Gletscher des Jostedalsbre u. die dadurch bedingten Pflanzensukzessionen. In: Bergens Museums Arbok 1933 Naturvidensk. rekke 7, 1934, S. 1–255
Felderer, K.: Die Großglockner-Hochalpenstraße. Innsbruck 1949, 68 S.
Fels, E.: Das Problem der Karbildung in den Ostalpen. P. M. Erg. Bd. 202, 1929, S. 1–85
Fenaroli, L. u. Podhorsky, J.: Alpiner Naturschutz, Hochtauernstraße u. Gamsgrube. N. u. K. 33, 1936, S. 52
- Il larice nelle Alpi Orientali Italiane I. Il larice nella Montagna lombarda Firenze 1936
- Naturschutz im Glocknergebiet. In: M. d. D. u. Ö. A. V. 62, 1936, S. 5
Fink, J.: Die Böden Österreichs. In: Mitt. d. Geogr. Ges. in Wien 1958, S. 316–358
Finsterwalder, K.: Zu den Namen der Glocknerkarte. In: Z. D. u. Ö. A. V. 56, 1928, S. 88
Finsterwalder, R.: Begleitworte zur Karte der Glocknergruppe. In: Z. d. D. u. Ö. A. V. 59, 1928, S. 69–87
- Geschwindigkeitsmessungen an Gletschern mittels Photogrammetrie. In: Z. f. Gl. 19, 1931, S. 251–263
- Die zahlenmäßige Erfassung des Gletscherrückganges an Ostalpengletschern. Z. f. Gl. u. Glazialgeol., 1I, 1953, S. 189–239
Finsterwalder, S.: Der Gletscherkurs des D. u. Ö. A. V. 1928 an der Pasterze. In: Z. f. Gl. 17, 1929, S. 203–204
Firbas, F.: Pollenanalytische Untersuchungen einiger Moore der Ostalpen. In: Lotos 71, 1923, Prag 1924
Fischer, H.: Beitrag zur Geologie des Tauernnordrandes zwischen Stubach- u. Habachtal. Wien 1948, unveröff. Diss. 170 S.
- Des Deutschen Reiches höchster Berg. Der Großglockner. 2. neubearb. Aufl. München: Rother 1938, 136 S.
- Zur Geologie zwischen dem Stubachtal u. dem Habachtal. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1947, S. 134
- Der Großglockner, 2. Aufl. München 1938, 136 S.
- Die Großglockner-Hochalpenstraße, 12. Aufl. München 1950, 31 S.
- Der Wenns – Veitlehener Kalk-Marmorzug. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1955, S. 187–197
Fischer, K.: Der Obervintschgau, Jb. des Ö. A. V. 1965, S. 115–132
Fleissner, A.: Bergbauern-Arbeitsgemeinschaft. In: Der Kärntner Bauer 101, 1951, Nr. 8, S. 213
Flohn, H.: Klimaschwankungen der letzten 1000 Jahre u. ihre geophysikalischen Ursachen. In: Dtsch. Geogr. Tag Würzburg 1957, Tagungsberichte u. wiss. Abh. Wiesbaden 1959
Fraissl, R.: Auf Welzenbachs Pfaden. Die 5. Begehung der Eiskögele-Nordwand. In: Bersgt. 7, (15) 1936/37, S. 757
Frank, W.: Zur Geologie des Guggernbachtales. Wien 1965, unveröff. Diss. 188 S.
Franz, H. u. Frasl, G.: Das Glocknergebiet. Exkursionen durch Österreich zur Tagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft in Wien, August 1961. In: M. d. Öst. Bodenkundl. Ges. H. 6, Wien 1961, S. 102–120
Franz, H.: Das Glocknergebiet in den Hohen Tauern. Exkursionsführer zum XI. Internationalen Entomologenkongreß. Wien 1960

- Die Landtierwelt der mittleren Hohen Tauern. Denkschr. d. Öst. Ak. Wiss. Wien, m. nw. Kl. 107, 1943, 552 S.
- u. KLIMESCH, J.: Erster Nachtrag zur Landtierwelt der mittleren Hohen Tauern. In: Sitzber. Öst. Ak. Wiss. m. nw. Kl. I, 158, 1949, S. 1–77
- Die Nordostalpen im Spiegel ihrer Landtierwelt. Bd. 1, 2, Innsbruck 1954 u. 1961
- Die Tierwelt der Gamsgrube. In: N. u. L. 37, 1950/51, S. 133–135
- 1961, Die Böden im Pasterzenvorfeld. Mitlg. d. Österr. Bodenkundl. Ges. Heft 6, S. 117–120

FRASL, G.: Anzeichen schmelzflüssigen u. hochtemperierten Wachstums an den großen Kalifeldspaten einiger Porphyrgranite, Porphyrgranitgneise u. Augengneise Österreichs. In: J. G. B. A. Wien 97, 1954, S. 71–131

- u. FRASL, E.: Geologische Aufnahmen 1955 auf Blatt Großglockner (153). In: Ver. Geol. B. A. Wien 1956, S. 33–36
- Aufnahmen auf Blatt Rauris (154) In: Ver. Geol. B. A. Wien 1952, S. 16–20; 1953, S. 31–35; 1954, S. 38–42
- Aufnahmen 1954 auf den Kartenblättern 154 (Rauris) u. 152 (Matrei in Osttirol). In: Ver. Geol. B. A. Wien 1955, S. 22–26
- Bericht 1957 über Aufnahmen auf den Blättern Großglockner (153) u. Rauris (154) In: Ver. Geol. B. A. Wien 1958, S. 209–210
- u. FRANK, W.: Einführung in die Geologie u. Petrographie des Penninikums im Tauernfenster mit bes. Berücksichtigung des Mittelabschnittes im Oberpinzgau. In: Der Aufschl. Sonderh. 15, 1966, S. 30–58
- u. HEISSL, W.: Über die Fossilfunde in den Fuscher Phylliten. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1953, S. 150 bis 151
- Glimmerpseudomorphosen nach Cordierit im Zentralgneis des Granatspitzkernes, Hohe Tauern. In: Joanneum. Mineral. Mitteilungsbl. 1967, 1, 2, S. 11–17
- Zur Seriengliederung der Schieferhülle in den mittleren Hohen Tauern. In: J. G. B. A. Wien 101, 1958, S. 323–472
- Der heutige Stand der Zentralgneisforschung in den Ostalpen. In: Joanneum. Mineral. Mitteilungsbl. 1957, S. 41–64
- Zum Stoffhaushalt im epi – bis mesozonalen Pennin der mittleren Hohen Tauern während der alpinen Metamorphose. In: Geol. Rdsch. 50, 1960, S. 192–203
- Die beiden Sulzbachzungen. In: J. G. B. A. Wien 96, 1953, S. 143–192
- u. Frank, W.: Mittlere Hohe Tauern. (Exkursionsführer) In: M. Geol. Ges. Wien 57, 1964, S. 17–31

FREIHARDT, E.: Morgen auf dem Großglockner. In: M. d. D. A. V. 13, 1961, S. 153

Frequenzsteigerung 26% – auf der Großglockner-Straße. In: Bergst. 19, 1951/52, S. 28

FRIEDEL, H.: Aufbau oder Abtrag im Glocknergebiet. In: M. d. Ö. A. V. 5 (75), 1950, S. 36–38

- Ein bodenkundlicher Ausflug in die Sandsteppe der Gamsgrube. In: M. d. D. u. Ö. A. V. 62, 1936, S. 220–222
- Boden- u. Vegetationsentwicklung am Pasterzenufer. Car. II. 123/124, 1934, S. 29–41
- Bratschen u. Bretter. In: Festschr. A. V. Klagenfurt 1952. S. 56–62
- Das Drama von Gras u. Sand am Pasterzenufer. In: N. u. L. 37, 1950/51, S. 124–132
- Einladung zur Subskription auf die Vegetationskarte der Umgebung des Pasterzengletschers 1:5000. In: N. u. L. 37, 1950/51, 7, 8, Heftumschl.
- Die gefährdete Gamsgrube am Glocknerfuße. In: Bl. f. N. K. u. N. Sch. 22, 1935, S. 34
- Gesetze der Niederschlagsverteilung im Hochgebirge. In: W. u. L. 4, 1952, S. 73–86
- Klima- u. Gletscherschwankungen u. ihre Wirkung auf die alten Tauernbergbaue. In: Car. II. Sonderh. 3, 1935, S. 65–74
- „Promenadeweg" u. Naturschutz an der Pasterze. In: M. d. D. u. Ö. A. V. 63, 1937, S. 155
- Kleinklima – Kartographie. In: Mitt. d. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn, H. 66, Wien 1965, S. 13–32
- Die alpine Vegetation des obersten Mölltales (Hohe Tauern). Erläuterungen zur Vegetationskarte der Umgebung der Pasterze (Großglockner). Innsbruck: WAGNER 1956, 153 S., Wiss. Alpenvereinshefte 16
- Vegetationsentwicklung u. Geodynamik; geobotanische Arbeit im Pasterzengebiet. In: Verh. d. III. intern. Quartär-Konf., Wien 1936, 1938, S. 216–217
- Vegetationskarte u. Vegetationsbeschreibung der Umgebung des Pasterzengletschers. In: M. d. Ö. A. V. 12 (82), 1957, S. 17
- Verlauf der alpinen Waldgrenze im Rahmen anliegender Gebirgsgelände. In: Ökologie d. alpinen Waldgrenze. Mitt. d. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien 75, 1967, S. 81–172
- Wirkungen der Gletscherwinde auf die Ufervegetation der Pasterze. In: Biokl. BB. d. Met. Z. 3. 1936, S. 21–25
- Wirkungen der Schneeverteilung im Pasterzengebiet. In: Car. II 62 (142) 1953, S. 16–26
- Aufgabe und Aufbau angewandter Ökologie. Ber. Natw. mediz. Ver. in Innsbr. 1963

FRIEDRICH, O. M.: Zur Erzlagerstättenkarte der Ostalpen. In: Radex-Rdsch. 1953, S. 371–407

- Die Lagerstätten der Kreuzeckgruppe. In: Archiv f. Lagerstättenforschung d. Ostalpen 1, 1963, S. 1–220

FRISCH, W.: Zur Geologie des Gebietes zwischen Tuxbach und Tuxer Hauptkamm bei Lanersbach (Zillertal, Tirol). Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. 18, 1967, S. 287–336, Wien 1968

FRITSCH, V.: Elektrohydrographische Bestimmung der Wasserhärte im Einzugsgebiet der Limbergsperre der Tauernkraftwerke in Kaprun. In: Vom Wasser. Ein Jahrb. f. Wasserchemie u. Wasserreinigungstechnik. Weinheim/Bergstr. 20. 1953, S. 148

– Geoelektrische Untersuchungen beim Tauernkraftwerk Glockner-Kaprun. In: Hauptstufe des Tauernkraftwerkes Glockner-Kaprun. Zell am See 1951, S. 50–54
FRITZ, A.: Pollenanalytische Untersuchung zur Verschiebung der Waldgrenze in den Gurktaler Alpen, Kärnten. In: Carinthia II, 77 Jg., 1967
FUCHS, G.: Beitrag zur Kenntnis der Geologie des Gebietes Granatspitze – Großvenediger (Hohe Tauern) In: J. G. B. A. Wien 101, 1958, S. 201–248
– Über ein pyroklastisches Gestein aus der Granatspitzhülle (Hohe Tauern). In: Ver. Geol. B. A. Wien 1959, S. 145–147
– Zur tektonischen Stellung der mittleren Hohen Tauern. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1962, S. 81–96
FÜRBÖCK, E.: Skitage um die Oberwalderhütte. In: Bergst. 5 (13), 1934/35, S. 394
FUGGER, E.: Über die Bergbaue des Herzogthums Salzburg. In: 14. Jahresbericht d. Ober-Realschule in Salzburg. Salzburg 1881
– Die Mineralien des Herzogthums Salzburg. In: 11. Jahresbericht d. Ober-Realschule in Salzburg. Salzburg 1878, 124 S.
– Die Mineralien des Landes Salzburg. In: Gedenkbuch an die 54. Versammlung Deutscher Naturforscher u. Ärzte aus dem Jahre 1881. Salzburg 1881, S. 47–56
FUNKE, R.: Entstehung u. Entwicklung der Alm-Weidegenossenschaften in Salzburg. In: Alm u. Weide 9, 1928
GALLHUBER, J.: Der Großglockner. In: Gallhuber, J.: Die Hohen Tauern. München 1935, S. 21–48
– Die Hohen Tauern. München 1935. 196 S.
GAMS, H.: Beiträge zur pflanzengeographischen Karte Österreichs. Die Vegetation des Großglocknergebietes. In: Abh. d. z. bot. G. Wien 16, 2, 1936, S. 1–79
– Aus der Chronik der Gamsgrube an der Pasterze. In: Nachr. d. V. z. Sch. d. Alpenpfl. u. -T. 1937, S. 10
– Die naturwissenschaftliche Erforschung der Glocknergruppe. In: J. d. D. A. V. 90, 1965, S. 89–93
– Die klimatische Begrenzung von Pflanzenarealen und die Verteilung der hygrischen Kontinentalität i. d. Alpen. Zeitschr. Ges. f. Erdk. Berlin 1931
– Fortschritte der Vegetationskartierung in den Ostalpen. In: J. d. V. z. Sch. d. Alpenpfl. u. -T. 22, 1957, S. 121
– Die Gamsgrube, ein bedrohtes Kleinod am Pasterzenkees. In: M. d. D. u. Ö. A. V. 61, 1935, S. 31
– Die Gamsgrube an der Pasterze, das merkwürdigste „Hintergrasl" der Alpen. In: N. u. L. 37, 1950/51, S. 119–124
– u. TSCHERNIG, E.: Gefahr für die Gamsgrube. Das Naturschutzgebiet an der Pasterze. In: N. u. T. 5, 1951, S. 146–150
– Aus der Geschichte der Alpenwälder. In: Z. d. D. u. Ö. A. V. 68, 1937, S. 157–170
– Das Pflanzenleben des Großglocknergebietes. In: Z. d. D. u. Ö. A. V. 66, 1935, S. 157–176
– Die biogeographische Stellung der Pasterzenlandschaft. In: Car. II. 62 (142), 1953, S. 27–35
– Die Vegetation des Großglocknergebietes. In: Abh. Zool.-Bot. Ges. Wien 16, 2, 1936, 79 S.
GASSER, G.: Die Mineralien Tirols einschließlich Vorarlberg u. der Hohen Tauern. Innsbruck 1913
GERAMB, V. R. v.: Die Rauchstuben im Lande Salzburg, Salzburg 1950
– Der gegenwärtige Stand der Hausforschung in den Ostalpen. In: Mitt. d. Anthr. Ges. Wien 38, 1908
– Die geographische Verbreitung u. Dichte der ostalpischen Rauchstuben. In: Wiener Zeitschr. f. Volkskunde 30, 1925, S. 70–123
GHIGLIONE, PIERO: Gross Venediger e Grossglockner. In: Riv. mens. d. C. A. I. 56, 1937, S. 238
Gletschermessungen. Die – des Deutschen Alpenvereins im Jahre 1943. In: M. d. D. A. V. 1943, S. 35
Glocknergruppe: Turenberichte –: Hohenwartkopf. In: Ö. A. Z. 57, 1935, S. 97
– Turenberichte. – In: Ö. A. Z. 59, 1937, S. 63
– Turenberichte –. In: Jahresb. d. Ak. Alpenklubs Innsbruck 43–45, 1935–1938, S. 90
Glocknerhaus. 75 Jahre – . In: Bergst. 19, 1951/52, S. 6
Glockner-Jubiläumsberg. Der –. In: M. d. D. A. V. 1, 1949, S. 32
Glocknerstraße. 25 Jahre – . In: Bergst. 27, 1959/60, S. 736
– 30 Jahre – . In: Bergst. 32, 1964/65, S. 1060
Glocknerwände im Alleingang. In: M. d. D. A. V. 1, 1949, S. 63
GÖTZ, J.: Die Hauptstufe des Tauernkraftwerks Glockner-Kaprun der Tauernkraftwerke A. G. Zell a. See 1951, 304 S.
– u. EMANOVSKY, R.: Festschrift. Die Oberstufe des Tauernkraftwerkes Glockner-Kaprun. Zell a. See 1955, 471 S.
– Das Tauernkraftwerk Glockner-Kaprun der Tauernkraftwerke Aktiengesellschaft, Zell a. See/Salzburg. 4. Aufl. Zell a. See 1951, 48 S.
GRABER, G.: Volksleben in Kärnten. Graz 1934
GRANIGG, B.: Geologische u. petrographische Untersuchungen im Ober-Mölltal in Kärnten. In: J. Geol. R. A. Wien 56, 1906, S. 367–404
GRAUL, H.: Untersuchungen über Abtragung und Aufschüttung im Gebiet des unteren Inn und des Hausruck. M. d. Geogr. G. München, 30. Bd., München 1937, S. 179–256
GREIDERER, S.: Haus u. Hof in Salzburg. Wien 1925
GRENGG, H.: Das Großspeicherwerk Glockner-Kaprun. Wien: SPRINGER 1952, IV, 34 S.Schriftenr. d. Ö. Wasserwirtschaftsverbandes 23. Auch in: Ö. Bauz. 7, 1952, 8 u. 10
GRITSCH, R.: Besuch beim Glockner seiner Nachbarin. In: Bergst. 31, 1963/64, S. 71–72
GRÖGL, H.: Mit den Brettln in einem Tag rund um den Großglockner. In: Austr. N. 73, 1935, S. 65 u. S. 81

Großglockner-Hochalpenstraße. Die – . München 1938, 74 S.
Großglocknerstraße: In: Bergst. 27, 1959/60, S. 394
– feiert „silbernes Jubiläum". In: Bergst. 27, 1959/60, S. 549
GRUMM, R.: Weg- u. Seilbahnbau an der Pasterze. In: Bergst. 29, 1961/62, S. 271 u. in: M. d. Ö. A. V. 16 (86), 1961, S. 130
GUNTHER, A. E.: Een Traverse van den Grosz-Glockner. In: De Bergg. 3, 1935, S. 3
HABERLANDT, A.: Die Bauernhausformen im deutschen Volksgebiet. In: Wiener Zeitschr. f. Volkskunde 31, 1926, S. 9–16
– Die Kulturgeschichte der Rauchstuben. In: Wiener Zeitschr. f. Volkskunde 29, 1924, S. 81–87
HACKEL, E.: Die Vegetationsverhältnisse von Mallnitz in Kärnten. In: Ver. Zoolog. Bot. Ges. Wien 18, 1868, S. 931–946
HAIDEN, A.: Über die Bausteinvorkommen des Ober- u. Unterpinzgaues. In: Geol. u. Bw. 17, 1950, S. 127–142
HALÁSZ, L.: Ybbs-Persenbeug u. Kaprun. In: Geogr. J. B. a. Ö. 29, 1961/62, S. 107
HAMMER, W.: Aufnahmsbericht über Blatt Kitzbühel–Zell am See (5049) u. Hippach–Wildgerlosspitze (5148) In: Ver. Geol. B. A. Wien 1935, S. 21–22
– Beiträge zur Tektonik des Oberpinzgaues u. der Kitzbüheler Alpen. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1939, S. 171–181
– Bemerkungen zur geologischen Spezialkarte Blatt Kitzbühel–Zell am See. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1937, S. 99–108
– Der Einfluß der Eiszeit auf die Besiedlung der Alpentäler. In: M. d. D. u. Ö. A. V. 45, 1914, S. 61–81
– Der Tauernnordrand zwischen Habach- und Hollersbachtal. In: J. G. B. A. Wien 86, 1935, S. 1–19
HAMPEL, R.: Hochlagenaufforstungen in Tirol. In: Allg. Forstzeit. 74, 1963, S. 191–194
Handbücher. Statistische – der Bundesländer Kärnten, Salzburg u. Tirol (1955–1967). Hrsg. d. Österr. Stat. Zentralamt Wien
HANDSCHIN, E. Beiträge zur Kenntnis der wirbellosen terrestrischen Nivalfauna der schweizerischen Hochgebirge. Lüdin & Co. Liestal 1919 (a)
Über die Collembolenfauna der Nivalstufe. Rev. Suisse de Zool. 27, 1919 (b)
– Die Collembolenfauna des schweizerischen Nationalparks. Denkschr. schweiz. Naturf. Ges. 60, 1924 (a)
– Ökologische und biologische Beobachtungen an der Collembolenfauna des schweizerischen Nationalparks. Verh. naturf. Ges. Basel 35, 1924
HANKE, H.: Berge – Hüter der Kultur: Zwischen Lienzer Dolomiten u. Tauernkamm. In: Bergst. 29, 1961/62, S. 509–516
– Die Erschließung des Salzburger Berglandes. (Gr. Wiesbachhorn) In: Bergst. 25, 1957/58, S. 480–485
– Der Großglockner und Kaprun. Frankfurt, Innsbruck 1966, 64 S.
– Aus dem Leben eines Berges (Großglockner) In: Bergst. 25, 1957/58, S. 22–25
– Von einer Straße u. ihren Bergen. In: Bergst. 22, 1954/55, S. 387–390
– Die Sulzbachtäler in den Hohen Tauern. In: Bergst. 24, 1956/57, S. 30–35
– Alte u. neue Wege über die Tauern. In: Bergst. 23, 1955/56, S. 314–320
HANN, J.: Nordföhn auf der Südseite der Hohen Tauern. In: Meteorolog. Zeitschr. 1887, S. 72
HACQUET: Mineralogisch-botanische Lustreise vom Berge Terglou in Krain zu dem Berg Glockner in Tyrol, im Jahre 1779 u. 1781, 2. Aufl. Wien 1783, 149 S.
HARTIG, I.: Beiträge zur Siedlungsgeschichte des Oberen Mölltales. Wien 1948, Diss. 76 S.
HARTMANN, E.: Bergbauernförderung – das Kernstück der österreichischen Agrarpolitik. In: Der Kärntner Bauer. 109, 1959, Nr. 36, S. 623
HAUSER, K.: Die Literatur über das kärntische Bauernhaus. In: Carinthia I. 1891, S. 138–140
Haushalte. Die – in Österreich auf Grund der Volkszählungen der Jahre 1951 u. 1961. Hrsg. v. Österr. Stat. Zentralamt Wien
HEISSEL, W.: Grauwackenzone der Salzburger Alpen. In: Ver. Geol. B. A. Wien, Sonderh. A, 1950, 1951, S. 71–76, 110–111
HELBOK, A.: Grundzüge zur Flurforschung. In: Vierteljahresschr. f. Gesch. u. Landesk. Vorarlbergs 7, 1923, S. 99
HELL, M.: Der Bronzedolch von der Glocknerstraße. In: Arch. A. 10, 1952, S. 41–44
HELLMICH, W.: Lebensraum u. Lebensgemeinschaft im Hochgebirge. In: J. d. V. z. Sch. d. Alpenpfl. u. -T. 11, 1939, S. 35–42
HERITSCH, F.: Fossilien aus der Schieferhülle der Hohen Tauern. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1919, S. 155–160
HERMES, K.: Die Lage der oberen Waldgrenze in den Gebirgen der Erde u. ihr Abstand zur Schneegrenze. Köln 1955, Diss.
HERNAUS, F.: Geschichte der Alpenvereinssektion Klagenfurt. In: Festschr. A. V. Sektion Klagenfurt 1950, S. 5–12
HERRMANN, E.: Tauernhöhenweg-Führer. Wien 1952, 99 S.
HETZ, L.: Die Spur am Firngrat. In: Bergst. 32. 1964/65. S. 629–632
HEUBERGER, H.: Gletschergeschichtliche Untersuchungen in den Zentralalpen zwischen Sellrain und Ötztal. In: Wissenschaftliche Alpenvereinshefte Heft 20, Wagner, Innsbruck 1966,
HILLISCHER, H.: Methoden zur karthographischen Errechnung der Schneegrenze auf Gletschern u. deren Anwendung auf die Pasterze, Großglockner. In: L. u. U. 6, 1949/50, S. 279–283
HINTERBERGER, V.: Gletscher-Springbrunnen auf dem Pasterzenkees. In: Z. f. Gl. 3, 1954–56, S. 268

HLAWATSCH, C.: Ein neues Apatit u. Magnesitvorkommen von den Totenköpfen im Stubachtal. In: Tschermaks min. petr. Mitt. 41, 1931, S. 481
– Mineralogische Mitteilungen. In: Annal. d. Naturhist. Mus. Wien 45, 1931, S. 287–293
HÖCK, V.: Ein Beitrag zur Geologie des Gebietes zwischen Tuxer Joch und Olperer (Zillertal, Tirol) 209 S., unveröff. Diss. Geol. Inst. Univ. Wien 1968
HOHENWART, S. v.: Erster Besteigungsversuch des Großglockners. In: Bergst. 16, 1949, S. 206–218
Hoheslied. Ein – der Bergkameradschaft. Bergung aus der Pallavicinirinne. In: Bergst. 27, 1959/60, S. 87–90
HOINKES, H.: Gletscherschwankungen und Wetter in den Alpen. 9. Int. Tagung für Alp. Met. 14.–17. 9. 1966, Zürich 1967, S. 9–24
HOLDHAUS, K.: Über die zoologischen Argumente für die Existenz einer postglazialen Wärmeperiode. In: Festschrift E. AICHINGER z. 60. Geb. Sonderh. d. Schriftenreihe angew. Pflanzensoziologie 1954, S. 283–290
– Ergebnisse einer koleopterologischen Exkursion in das Gebiet des Großglockners. In: Ver. zool. bot. Ges. Wien 59, 1909, S. 365–368
– Gott schütze die Gamsgrube. In: M. d. D. u. Ö. A. V. 61, 1935, S. 87–89
HOLTMEIER, F. K.: Die Waldgrenze im Oberengadin in ihrer physiognomischen u. ökologischen Differenzierung. Bonn 1967, Diss.
– Zur natürlichen Wiederbewaldung aufgelassener Alpen im Oberengadin. In: W. u. L. 19, 1967, S. 195–202
HOLZER, H.: Aufnahmen 1952 auf Blatt Großglockner (153) In: Ver. Geol. B. A. 1953, S. 35–37
– Bemerkungen zu dem Artikel von G. A. HAIDEN: Über die Baugesteinsvorkommen des Ober- u. Unterpinzgaues. In: Geol. Bw. Wien 18, 1951, S. 112–114
– Über die phyllitischen Gesteine des Pinzgaues. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1953, S. 115–121
– Der Nordrand des Tauernfensters zwischen Stubach u. Dietlsbachtal. Wien 1949, 103 S., Unveröff. Diss.
– Der Nordrand des Tauernfensters zwischen dem Stubach u. Dietlsbachtal. In: Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Wien 1, 1949, S. 1–30
HOLZER, K.:Winterliche Schäden an Zirben nahe der alpinen Baumgrenze. In: Cbl. f. d. ges. Forstwesen. 76, 1959, S. 232–244
– Das Wachstum des Baumes in seiner Anpassung an zunehmende Seehöhe. In: Ökologie der alpinen Waldgrenze. – Mitt. d. Forstl. Bundesvers.anst. Wien 75, 1967, S. 427–487
HOPPE, D. H.: Die Gamsgrube im oberkärntnerischen Hochgebirge Flora 1833
HORNINGER, G.: Auslaugung an Karbonatgesteinen. In: Geol. u. Bauwesen 24, 1959, S. 159–164
– Zur Baugeologie des Margaritzenspeichers u. des Möllstollens. In: Festschrift für die Oberstufe des Tauernkraftwerkes Glockner-Kaprun. Tauernkraftwerk A. G., Zell a. See 1955, S. 120–127
– Kleine Beobachtungen am Kalkglimmerschiefer. In: Karinthin 23, 1953, S. 268–270
– Schwebend gebildete Bergkristalle aus dem Möllstollen. In: Karinthin 12, 1950, S. 266–269
– Geologische Ergebnisse bei einigen Kraftwerksbauten. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1956, S. 114–118
– Geologische Ergebnisse bei einigen Kraftwerksbauten. Salzachstufe I. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1958, S. 282–283; 1959, S. A 112–113
– Manganminerale vom Moserboden bei Kaprun. In: Tschermaks Min. Petr. Mitt. 3, F, 5, 1954, S. 48–69
– Notizen zum Geologischen Plan der Aufstandsfläche der Drossensperre, Kaprun. Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 18, 1967, 379–400, Wien 1968
HOSCHEK, G.: Zur unteren Stabilitätsgrenze von Staurolith. Naturwissenschaften 54, 1967, 8, S. 200–201, Berlin 1967
HOTTINGER, A.: Geologie der Gebirge zwischen der Sonnblick–Hocharngruppe u. dem Salzachtal in den östlichen Hohen Tauern. In: Eclogae Geol. Helv. 28, 1935, S. 249–368
– Zur Geologie des Tauernnordrandes in den zentralen Hohen Tauern. In: Eclogae Geol. Helv. 27, 1934, S. 11–23
HUECK, K.: Zur Bedrohung der Gamsgrube im Glocknergebiet. In: N. Sch. 18, 1937, S. 94
HUSSAK, E.: Über einige alpine Serpentine. In: Tschermaks Min. Petr. Mitt. 5, 1883, S. 61–81
ILG, K.: Ein Beitrag zur Geschichte des Ofens u. der Stube. In: Volk u. Heimat. Festschr. f. V. R. v. Geramb. Graz 1949, S. 85
JAHN, E. u. SINREICH, A.: Auftreten von Forstschädlingen in Österreich 1950–1959. In: Anzeiger für Schädlingskunde, Jg. 33, 1960 (Berlin, Hamburg)
JAHNE, L.: Die alten Goldbergbaue im Gebiete der Pasterze. In: Glocknerhausfestschrift Klagenfurt 1926, S. 59–62
JANETSCHEK, H.: Über die tierische Wiederbesiedlung im Hornerkees-Vorfeld (Zillertaler Alpen). In: De Natura tirolensi (Prenn-Festschr.) Schlern-Schriften 188, Innsbruck 1958, S. 209–242
JOCHIMSEN, M.: Das Gletschervorfeld – keine Wüste. In: J. d. D. A. V. 87, 1962, S. 135–142
– Ist die Größe des Flechtenthallus wirklich ein brauchbarer Maßstab zur Datierung von glazialmorphologischen Relikten. In: Geografiska Annaler. 48, Ser. A, 1966, S. 157–164
– Vegetationsentwicklung im hochalpinen Neuland. Beobachtungen an Dauerflächen im Gletschervorfeld 1958–62. In: Ber. Naturw.-Med. Ver. Innsbruck 53, Festschr. HELMUT GAMS 1959–63, 1963, S. 109–123
JUGOVIZ, R.: Über die Lage der Gebirgsbauern in den Alpen. Wien 1901
JUNG, A.: Fremdenverkehr u. Siedlungsbild. In: Schlernschriften 65, 1950, S. 191–197
JURINKA, H. u. SPREITZER, H.: Der Anteil der Bevölkerung in Deutschtirol u. Kärnten an der jährlichen Almwanderung. In: Beitr. z. Geogr. d. Almen in Österreich. Graz 1925

KALKSCHMIDT, E.: Um den Großglockner. In: Die Woche 1938, Nr. 17
KANTOR, J.: Beitrag zur Geochronologie der Migmatite u. Metamorphite des westkarpatischen Kristallins. In: Geologicke Prace, Bratislava 60, 1961, S. 303–318
KAPPER, S. A.: Der Stand der Arbeiten an der Kraftwerksgruppe Glockner-Kaprun in Salzburg. In: D. Bauw. 1950, 48, S. 15
Kaprun – größte Talsperre Europas. In: N. u. L. 36, 1949/50, S. 16
KARL, F.: Über das Alter der Granite in den Hohen Tauern. In: Geol. Rdsch. 50, 1960, S. 499–505
– Aufnahmen 1954 auf Blatt Krimml (151) u. Großglockner (152). In: Ver. Geol. B. A. Wien 1955, S. 39
– Ein Beispiel für Anwendung gefügeanalytischer Arbeitsmethoden in der Baugeologie. Krafthauskaverne, Projekt Dorfertal-Huben, Osttirol. In: Geol. u. Bauwesen 21, 1954, S. 68–86
– Ein abbauwürdiges Disthenvorkommen in den Hohen Tauern. In: Tonindustrie-Ztg. Goslar 80, 1956, S. 380
– Der derzeitige Stand B-achsialer Gefügeanalyse in den Ostalpen. In: J. G. B. A. Wien 97, 1954, S. 133–152
– Bericht 1956 über Aufnahmen auf Blatt Dreiherrenspitze und Blatt Rötspitze. Verh. Geol. B. A. 1957, S. 35–37, Wien 1967
– Vergleichende petrographische Untersuchungen an den Tonalitgraniten in den Hohen Tauern u. den Tonalitgraniten einiger periadriatischer Intrusivmassive. In: J. G. B. A. Wien 102, 1959, S. 1–192
KEIDEL, F.: Die Almen u. die Almwirtschaft im Pinzgau. Innsbruck 1936
KEIL, F.: Der Großglockner u. seine Umgebung. In: P. M. 1960, S. 85–86
KERSCHNER: Almauftrieb in den Hohen Tauern. In: Atlantis 7, 1935, S. 278–280
KICK, W.: Der Chogo-Lungma Gletscher im Karakorum, II. Teil. Zeitschr. f. Gletscherkunde und Glazialgeologie, Bd. V, H. 1, Univ. Verlag Wagner, Innsbruck 1964, S. 1–59.
KIESLINGER, A.: Aufnahmsbericht über Aufnahmen im Golderzgebiet der Hohen Tauern. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1936, S. 51–58
– Aufnahmsbericht über Blatt Hofgastein. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1937, S. 63–69; 1938, S. 57–60
– Die nutzbaren Gesteine Kärntens. Car. II. Sonderh. 17, 1956, 348 S.
– Die nutzbaren Gesteine Salzburgs. Salzburg, Stuttgart 1964, 435 S.
KINZL, H.: Alte Gletscherstände im Oberpinzgau und im Gerlostal Z. f. Gl. XVIII., 1930
– Der Kurs für Hochgebirgsforschung am Großglockner vom 24. bis 31. August 1941. In: P. M. 87. 1941, S. 437
KLAAR, H.: Siedlungsformenkarte der Reichsgaue Wien, Kärnten, Niederdonau, Oberdonau, Salzburg, Steiermark, Tirol u. Vorarlberg. Wien 1942
KLAKL, W.: Beiträge zur Geomorphologie der südlichen Glocknergruppe. Graz 1935, Diss. 132 S.
KLEBEL, E.: Zur Geschichte der Pfarren und Kirchen Kärntens, Carinthia I., 1927, S. 81–144
KLEBELSBERG, R. v.: Die Alpengletscher in den letzten 30 Jahren (1911–1941). In: P. M. 1943, S. 23–32
– Ein Ammonit aus dem Hochstegenkalk des Zillertales (Tirol). In: Z. d. D. Geol. G. 92, 1940, S. 582–586
– Die Gletscher der österreichischen Alpen. Bericht über die Gletschermessungen des Alpenvereins. 1942–1946, In: Z. f. Gl. 1, 1949/50, S. 84–97; 1947–1949, In: Z. f. Gl. 1, 1949/50, S. 203; 1950, In: Z. f. Gl. 2, 1952/53, S. 126–134; 1951 u. 1952, In: Z. f. Gl. 2, 1952/53, S. 331–343; 1953, In: Z. f. Gl. 3, 1954–56, S. 99–105; 1954 u. 1955, In: Z. f. Gl. 3, 1954–56, S. 371–377; 1956 u. 1957, In: Z. f. Gl. 4, 1958–61, S. 121–129; 1958, In: Z. f. Gl. 4, 1958–61, S. 241–252
– Die Gletscher der österreichischen Alpen. Auszüge der Ergebnisse der jährlichen Nachmessungen an der Pasterze. In: M. d. Ö. A. V. 3 (73), 1948ff. meist Januarheft
– Die geologische Karte des Großglockner-Gebietes von CORNELIUS-CLAR. In: M. d. D. u. Ö. A. V. 62, 1936, S. 29–31
– V. PASCHINGERS Pasterzenstudien. In: Z. f. Gl. 1, 1949/50, S. 233–235
– Der Rückgang der Gletscher in den Ostalpen. In: Bergst. 17, 1949/50, S. 339–341; 18, 1950/51, S. 339 bis 351; 28, 1960/61, S. 676–679
KLEIN, H.: Die bäuerlichen Leihen im Erzstift Salzburg. In: Mitt. d. Ges. f. Salzburger Landeskunde 69, 1929, S. 145–168
– Über Schwaigen im Salzburgischen. In: Mitt. d. Ges. f. Salzburger Landeskunde 71, 1931, S. 109–128
– Die ältesten urbarialen Aufzeichnungen des Erzstiftes Salzburg. Mitt. d. Ges. für Salzburger Landeskunde, 75, Jg., 1935, S. 133–200
KLIMPT, H.: Morphogenese der Sonnblickgruppe. Geogr. J. B. a. Ö., Bd. 21 u. 22, (1941/42), Wien 1943, S. 1–130
KLOCKERIN-Nordwestwand. Nochmals – . In: Bergst. 31, 1963/64, S. 761
KLOS, H.: Glocknerhaus u. Glocknerstraße. In: Glocknerhausfestschr. Klagenfurt 1926, S. 5–9
KNOLL, F.: Die neue Vegetationskarte des Großglocknergebietes. In: M. d. D. u. Ö. A. V. 63, 1937, S. 171
KOBER, L.: Der geologische Aufbau Österreichs. Wien: Springer 1938, 204 S.
– Bau u. Entstehung der Alpen. Wien: Deuticke 1955, 304 S.
– Mesozoische Breccien in der oberen Schieferhülle der Sonnblick- u. Glocknergruppe. In: Anz. Ak. d. Wiss. Wien. m. nw. Kl. 65, 1928, S. 275–276
– Moderеckdecke oder Rote-Wand-Gneisdecke. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1933, S. 131–132
– Das landwirtschaftliche Seilaufzugswesen im Gebirge. Wien 1930
– Das östliche Tauernfenster. In: Dschr. Öst. Ak. d. Wiss. Wien m. nw. Kl. Abt. I, 98, 1922, S. 201–242
KÖCHEL, L.: Die Mineralien des Herzogthums Salzburg. Wien 1859

KÖLBL, L.: Das Nordostende des Großvenedigermassivs. In: Sber. Öst. Ak. d. Wiss. Wien m. nw. Kl. Abt. I, 141, 1932, S. 39–66
– Der Nordrand des Tauernfensters zwischen Mittersill u. Kaprun. In: Anz. Öst. Ak. d. Wiss. Wien m. nw. Kl. Abt. I, 69, 1932, S. 266–268
– Das Tauernproblem in den Ostalpen. In: Geol. Rdsch. 26, 1935, H. 1, 2, S. 151–153
– Zur Tektonik des mittleren Abschnittes der Hohen Tauern. In: Zbl. Min. Geol. Pal. 1924, S. 590–593
– Die Tektonik der Granatspitzgruppe in den Hohen Tauern. In: Sber. Öst. d. Wiss. Wien m. nw. Kl. Abt. I, 1924, S. 291–327
– Zur Tektonik des Tauernfensters. In: Anz. Ak. d. Wiss. Wien. m. nw. Kl. Abt. I, 68, 1931, S. 242–244
KONTRUS, K.: Historisches u. Aktuelles über die Epidot-Fundstelle an der Knappenwand im Untersulzbachtal. In: Tschermaks Min. Petr. Mitt. 3, F, 3, 1954, S. 407–409; auch in: Ausschluß. Sonderh. 15, 1966, S. 81–85
– Neue Scheelit- u. Datolithvorkommen in den Ostalpen. In: TSCHERMAKS Min. Petr. Mitt. 3, F, 7, 1961, S. 497–498
KOSCHIER, F.: Weihnachtstachsen in Heiligenblut. In: Car. I, 145, 1955, S. 542
– Das Heiligenbluter Sternsingen. In: K. M. 8, 1956, S. 113
KOTHBAUER, A.: Die Bedeutung der Hauptstufe der Kraftwerksgruppe Glockner-Kaprun f. d. österr. Elektrizitätswirtschaft. In: Die Hauptstufe des Tauernkraftwerks Glockner-Kaprun der Tauernkraftwerke A. G. Zell a. See 1951, S. 1–14
– Die Hauptstufe Glockner-Kaprun. In: D. Kontakt Wien 2, 1952, 9, S. 5
KRANZMAYER, E.: Ortsnamenbuch von Kärnten. Bd. 1. Klagenfurt 1956, 216 S., Bd. 2, Klagenfurt 1958, 260 S. (Archiv f. vaterländische Gesch. u. Topogr. 50, 51)
KREBS, N.: Die bewohnten u. unbewohnten Areale der Ostalpen. In: Geogr. Z. 18, 1912, S. 443–454
– Beiträge zur Orographie der Hohen Tauern. M. d. Geogr. G. Wien 1948, Bd. 90, S. 20–39
– Der Mensch in den Alpen. In: M. d. D. u. Ö. A. V. 56, 1930, S. 231–233
– Die Verteilung der Kulturen u. der Volksdichte in den österreichischen Alpen. In: M. d. Geogr. G. Wien 55, 1919, S. 243–303
KREIDEL, F.: Die Almen u. die Almwirtschaft im Pinzgau. Zell a. See 1936
KREUTZ, W. u. WEHRHEIM, H.: Kleinklimaforschungen im Glocknergebiet in Anlehnung an praktische Bedürfnisse. In: Biokl. Bl. 9, 1942, S. 23
– Klimastudien diesseits u. jenseits des Tauernhauptkammes. In: Z. f. angew. Meteorologie 59, 1942, S. 369–390
KRONFUSS, H.: Schneelage u. Ausaperung an der Waldgrenze. In: Ökologie d. alpinen Waldgrenze. Mitt. d. Forstl. Bundesvers. anstalt Wien 75, 1967, S. 207–241
KROUPA, J.: Zur Fertigstellung der Hauptstufe Kaprun des Tauernkraftwerks. In: Ö. Z. f. Elektr. 4, 1951, S. 333
KUBIENA, W.: Entwicklungslehre des Bodens. Wien 1948, XI u. 215 S., 9 Taf.
– Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. Madrid-Stuttgart 1953, 392 S., 26 Taf.
KÜHLKEN, O.: Das Glocknerbuch. Salzburg 1951, 307 S.
KÜHNERT, H.: Wieder am Glockner. In: Berst. 25, 1957/58, S. 292-295
Kuhalpung im Kärntner Pinzgauer Zuchtgebiet. In: Alm u. Weide. 10, 1929, S. 270
KUHLMANN, H.: Bestimmung der Gletscherstände u. -geschwindigkeiten mit Hilfe der Erdbildmessung. In: M. d. R. Amtes f. Landesaufnahme Berlin. 1934/35, 4, S. 261–269
LAGALLY, M.: Die Bewegungen des „toten Eises" an der Pasterze. In: Z. f. Gl. 20, 1932, S. 215–221
LAHNSTEINER, J.: Oberpinzgau von Krimml bis Kaprun. Hollersbach/Salzburg 1956, 691 S.
LAMBERT, R. ST. J.: Absolute Altersbestimmungen an Gneisen aus dem Tauernfenster. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1964, S. 16–27
LANG, O. F.: Die Männer von Kaprun. 6. Aufl. Wien, München 1955, 240 S.
LANSER, O., FRAATZ, A. u. KNIE, K.: Radioaktivitätsmessungen an österreichischen Gletschern u. Gletscherwässern. In: Ö. Wasserw. 17, 1965, S. 249–257
LARCHER, W.: Frosttrocknis an der Waldgrenze u. in der alpinen Zwergstrauchheide. In: Ver. d. Mus. FERDINAND. Innsbruck 37, 1957
LEHMANN, O.: Der Begriff der oberen Siedlungsgrenze. In: M. d. Geogr. G. Wien 56, 1913
– Fortbildung des Begriffes der oberen Grenze der Dauersiedlungen in den Alpen. In: M. d. Geogr. G. Wien 63, 1920, S. 153–162
LEITMEIER, H.: Über die Entstehung der Kluftmineralien in den Hohen Tauern. In: TSCHERMAKS Min. Petr. Mitt. 3, F, 1, 1950, S. 390–413
– Sind die Ergebnisse geologischer Forschung u. petrographischer Forschung in den Ostalpen unvereinbar? In: J. G. B. A. 98, 1955, S. 33–66
– Mineralien des südlichen Großvenedigers. In: TSCHERMAKS Min. Petr. Mitt. 3, F, 2, 1950, S. 115
– Die Mineralien des Habachtales. In: Min. u. Petr. Mitt. 1933, S. 219–229
– Einige neuere Mineralvorkommen im Gebiet des Habachtales, ein Beitrag zur Entstehung der Zentralgneise. In: TSCHERMAKS Min. Petr. Mitt. 53, 1942, S. 271–329
– Orogenese u. Vererzung im Raum der Ostalpen. In: Kober-Festschrift Wien 1953, S. 228–254
– Die Pb-Zn-Vorkommen auf der Achselalpe im Hollersbachtal in Salzburg. In: TSCHERMAKS Min. Petr. Mitt. 47, 1936, S. 376–382
– Das Smaragdvorkommen im Habachtal in Salzburg u. seine Mineralien. In: TSCHERMAKS Min. Petr. Mitt. 49, 1937, S. 245–368
LENDL, EGON: Geographischer Führer. Die Großglockner-Hochalpenstraße. Wien 1953, 11 S.

LICHTENBERGER, E.: Der Strukturwandel der sozial-wirtschaftlichen Siedlungstypen in Mittelkärnten. In: Geogr. Jahresbericht aus Österr. 27, 1957/58
LICHTENECKER, N.: Die Rax. Geogr. J. B. a. Ö. 18. Bd., Wien 1926, S. 150–170
– Die geologische Karte der Glocknergruppe von CORNELIUS u. CLAR. In: M. d. Geogr. G. Wien 80, 1937, S. 79
LIEBSCHER, H.: Die landwirtschaftliche Struktur Kärntens. Maschinenschriftl. Bericht vom 18. 8. 1945
LIENBACHER, V.: Kleiner Führer durch die Glockner- u. Venediger-Gruppe. München 1956, 164 S.
– Glockner-Gruppe, 4. Aufl. München 1962, 219 S., Alpenvereinsführer
– Kaprun u. Umgebung. Wanderkt. 1:50000 mit Kurzführer, München 1957, 36 S.
LINDIG, G.: Neue Glocknerkarte – diesmal aus Luftbildern. In: J. d. D. A. V. 90, 1965, S. 8–16
LINDSBERGER, J. F.: Kleine Chronik über die Geschichte des oberen Mölltales u. des ehemaligen Marktes Döllach. Eigenverl. o. J., 40 S.
LÖHR, L.: Bergheugewinnung im Glocknergebiet. In: Car. II. 64 (144), 1954, S. 55–68
LÖSCHNER, F.: Die geodätischen Grundlagen für den Bau des Tauernkraftwerkes. Wien, Heidelberg 1951, IV, 32 S. (Schriftenreihe d. Tauernkraftwerke Abt. A. 2)
LÖWL, F.:Quer durch den mittleren Abschnitt der Hohen Tauern. IX. Intern. Geologenkongreß. Führer zu den Exkursionen in Österreich IX, 1903, 27 S.
– Der Granatspitzkern. In: J. Geol. R. A. Wien 45, 1895, S. 615–640
– Rund um den Großglockner. In: Z. d. D. u. Ö. A. V. 29, 1898, S. 27–54
– Siedlungsgarten in den Hochalpen. In: Forschungen z. Deutschen Landes- u. Volkskunde 2, 1888
LOIDL, K.: Ein Abstieg durch die Pallavicinirinne. In: Ö. A. Z. 59, 1937, S. 286
LOUIS, H.: Zur Theorie der Gletschererosion in Tälern. Eiszeitalter und Gegenwart, 2. Bd., Öhringen 1952, S. 12–23
– Diskussionsbemerkung zum Vortrag H. SPREITZERS: Die Entstehung der Formen des Hochgebirges. Deutscher Geographentag Köln 1961, Tagungsber. u. wiss. Abh., Wiesbaden 1962, S. 334
LUCERNA, R.: Morphologie der Pasterzenumgebung. Festband A. PENCK, Stuttgart 1918, S. 107–116
– Die Urpasterze (Der Möllgletscher der Gschnitz-Zeit) In: Z. f. Gl. f. Eisz. u. G. d. Kl. 26, 1938, S. 248
LUDWIG, R.: Pfingstfahrt im Glocknergebiet. In: Bergst. 32, 1964/65, S. 721–723
LÜDI, W.: Beobachtungen über die Besiedlung von Gletschervorfeldern in den Schweizeralpen. In: Flora od. Allgem. Bot. Zeitg. 146, 1958, S. 386–407
– Besiedlung u. Vegetationsentwicklung auf den jungen Seitenmoränen des großen Aletschgletschers mit einem Vergleich der Besiedlung im Vorfeld des Rhonegletschers u. des Oberen Grindelwaldgletschers. In: Ber. ü. d. Geobot. Forsch. Inst. Rübel. Zürich 1944, S. 35–112
LUGER: Die Seilbahn als Maßnahme gegen die Entsiedlung. In: Alm u. Weide 10, 1929, S. 137–176
LUGMAYER, K.: Gewitter in der Großglockner-Nordwand. In: Bergst. 18, 1950/51, S. 486–491
LUNDEGARDH, H.: Klima u. Boden. 5. Aufl. Jena 1957
MACHATSCHEK, F.: Morphologische Untersuchungen in den Salzburger Kalkalpen. Ostalp. Formenstudien, Berlin 1922
MADER, K.: Die Schwerkraftmessungen des Bundesamtes für Eich- u. Vermessungswesen. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1952, Sonderh. C, S. 84–86
MAIR, N.: Zuwachs- u. Ertragsleistung subalpiner Wälder. In: Ökologie d. alpinen Waldgrenze. Mitt. d. Forstl. Bundesvers. anst. Wien 75, 1967, S. 383–426
MAISTER, K.: Die Siedlungsgeschichte Osttirols im Lichte der Ortsnamenforschung. In: Osttiroler Heimatbl. 9, 1932, S. 54–60
MAREK, R.: Die Waldgrenze in den österreichischen Alpen. In: P. M. Ergh. 168, 1910
MARTIGNY, B.: Geschichte des Mölltaler Rindviehschlages. Klagenfurt 1880
MATURA, A.: Zur Geologie des Türchlwand-Kramkogel-Gebietes. In: M. Ges. Geol. Bergbaustud. Wien 17, 1966, S. 87–126
MAIX, K.: Kaprun. Wien 1964, 383 S.
MAYER, E.: Arbeit u. Wirtschaft unserer Gebirgsbauern. In: Z. d. österr. Ingenieur- u. Architektenvereins 85, 1933, S. 58–60
– Die Verteilung der Hauptbodenarten in Österreich. In: Die Ernährung der Pflanze. 17, 1921, S. 113–116
MAYER, H., SCHLESINGER, B. u. THIELE, K.: Dynamik der Waldentstehung u. Waldzerstörung auf den Dolomit-Schuttflächen im Wimbachgries (Berchtesgadener Kalkalpen) In: J. d. V. z. Sch. d. Alpenpfl. u. -T. 32, 1967, S. 132–160
– Gesellschaftsanschluß der Lärche u. Grundlagen ihrer natürlichen Verbreitung in den Ostalpen. In: Angew. Pflanzensoziologie 27, 1962
MAYER, R.: Die Verbreitung der Kulturflächen in den Ostalpen u. ihre obere Grenze, geomorphologisch betrachtet. In: Geogr. Z. 33, 1927, S. 113–138
MAYR, E.: Die Getreidebauzone, Anbau- u. Erntezeiten u. die Fruchtfolgen in Kärnten. In: Festschr. f. E. AICHINGER z. 60. Geb. Sonderf. d. Schriftenreihe angew. Pflanzensoziologie Wien 1954, S. 1255 bis 1268
MAYR, F.: Untersuchungen über Ausmaß und Folgen der Klima- und Gletscherschwankungen seit dem Beginn der postglazialen Wärmezeit. In: Ztschft. f. Geomorph. N. F. Bd. 8, Heft 3, 1964, S. 257–285
MAYREGG, G. u. FALTNER, L.: Salzburger Heimatkunde. Salzburg 1927
MEIXNER, H.: Das Mineral Lazulith u. sein Lagerstättentypus. In: B. u. H. Jb. 85, 1937, S. 1–39
– Zur Landesmineralogie von Salzburg 1879–1962. In: Die naturwiss. Erforschung des Landes Salzburg, Stand 1963, Tratz-Festschr. Salzburg 1963, S. 24–42
– Die Minerale Kärntens. T. 1. In: Car. II. Sonderh. 21, 1957, S. 1–147

- Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen VIII. In: Mitt. Natw. Ver. Stmk. 73, 1936, S. 108–117
- Piementit aus Osttirol u. Romeit aus den Radstädter Tauern, eine Notiz zu tauern-metamorphen Manganvorkommen Osttirols u. Salzburgs. In: N. Jb. Min. Mh. 1951, S. 174–178
- Das Vorkommen schöner Topas-XX in den Hohen Tauern Salzburgs. In: Fortschritte d. Min. 39, 1961, S. 82–83
- Wulfenit – XX von der Achselalpe im Hollersbachtal, Salzburg. In: Der Karinthin 2, 1948, S. 28–30
- Wulfenit von der Gehrwand, einem alten Blei-Zink-Bergbau des Typus Achselalpe (Hohe Tauern, Salzburg) u. Bemerkungen über die Molybdänparagenesen in den Ostalpen. In: Berg- u. Hüttenmännische Mh. 95, 1950, S. 34–42

MERINGER, R.: Bancalari u. die Methode der Hausforschung. In: Mitt. d. Anthropol. Ges. Wien 33, 1903, S. 252–273

MERKL, A.: Glocknerstraße u. Glocknernaturschutzpark. In: Bl. f. N. K. u. N. Sch. 22, 1935, S. 122

MITTERECKER, F. u. TOLLNER, H.: Ergebnisse von Niederschlagsmessungen mittels Totalisation im Großglocknergebiet. In: J. B. d. Sonnbl. V, 58/59, 1960/61, S. 50

MLAKARJA, J.: Izbrani planinski Spisi. Zvezek 1. Ljubljana: Slovensko Planinsko Drustvo 1938, 288 S.

MOHR, H.: Über einen alten Goldbergbau auf der Schiedalpe bei Fusch. In: Mont. Rdsch. 3, 1911, S. 324

MORAWETZ, S.: Beiträge zur Morphologie der Kreuzeck- und Reißeckgruppe. Veröff. Geogr. Inst. Univ. Graz 1930, S. 3

- – Eiszeitliche Vergletscherung und eiszeitliches Einzugsareal in den Hohen Tauern. Z. f. Gl. 1932. S. 398

MOSER, M.: Die ektotrophe Ernährungsweise an der Waldgrenze. In: Ökologie d. alpinen Waldgrenze. Mitt. d. Forstl. Bundesvers. anst. Wien 75, 1967, S. 357–380

MOSTLER, H.: Geologie der Berge der vorderen Großarl- und Kleinarltales (Salzburg) Verh. Geol. B. A., 1963, S. 132–135, Wien 1963.

- Einige Bemerkungen zur Salzach-Längstalstörung und der sie begleitenden Gesteine. Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 14, 1963, 185–196, Wien 1964

MÜLLER, E.: Kurs f. Hochgebirgsforschung im Gebiet der Pasterze. In: Z. f. Verm. 71, 1942, S. 21

MÜLLER-STOLL, W. R.: Beiträge zur Ökologie der Waldgrenze am Feldberg im Schwarwald. In: Festschr. E. AICHINGER z. 60. Geb. Sonderf. d. Schriftenreihe Angew. Pflanzensoziol. Wien 1954, S. 824–847

MUSSGER, E.: Sonniges Alpenland. Fahrt z. Großglockner. Klagenfurt 1957, 44 S.

NARHOLZ, S.: Das Pinzgauer Bauernhaus u. seine nächste Umgebung. In: Alpenländ. M. H. 1924, S. 353–364

Naturschutzgebiet. Was geht im – am Großglockner vor? In: M. d. D. u. Ö. A. V. 63, 1937, S. 1

NEGRI, G.: La végétazione delle morene del Ghiacciaio del Lys (Mte. Rosa) In: Boll. Com. Glac. Ital. 14, 1934, S. 105–172

NIGGLI, E. u. NIGGLI, C. R.: Karten der Verbreitung einiger Mineralien der alpidischen Metamorphose in den Schweizer Alpen. Eclogae geol. Helv. 58, S. 335–368, Basel 1965

NYWELT, G.: Kaprun einst u. jetzt. Zell a. See 1960, 164 S.

OBERHAUSER, R.: Zur Frage des vollständigen Zuschubes des Tauernfensters während der Kreidezeit. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1964, S. 47–52

Obersulzbachtal, Untersulzbachtal, Stubachtal, Kapruner Tal. In: Meixner, Heinz: Zur Landesmineralogie von Salzburg, 1878–1962

OBERWALDER, L.: Das Glocknerdorf Kals. In: J. d. D. A. V. 90, 1965, S. 56–64

- Osttirol, Großvenediger, Großglockner. Innsbruck 1936, 367 S.

OECHSLIN, M.: Beitrag zur Kenntnis der pflanzlichen Besiedlung der durch Gletscher freigegebenen Grundmoränenböden. Gebiet des Driesgletschers, Klausen, Kanton Uri. In: Ber. Naturforsch. Ges. Uri 4, 1933/34–1934/35, Altdorf 1935, S. 27–48

OHNESORGE, TH.: Aufnahmsbericht über Blatt Kitzbühel-Zell a. See. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1925, S. 13

- Aufnahmsbericht über St. Johann im Pongau. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1926, S. 9

Ortsverzeichnis von Österreich. Hrsg. v. Österr. Stat. Zentralamt, Wien 1965

OSWALD, H.: Verteilung und Zuwachs der Zirbe (Pinus cembra L.) der subalpinen Stufe an einem zentralalpinen Standort. In: Mitteil. d. Forst. Bundesvers. Anst. Mariabrunn, Wien 1963, Bd. 60

OXBURGH, E. R.: The Eastern Alps – A Geological Excursion Guide. In: Proc. of the Geologists Association. London 79, 1968, S. 47–127

- An Outline of the Geology of the Central Eastern Alps. In: Proc. of the Geologists Association. London 79, 1968, S. 1–46

- , LAMBERT, R. ST. J., BAADSGAARD, H. u. SIMONS, J. G.: Potassium – Argon age studies across the southeast margin of the Tauern window, the Eastern Alps. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1966, S. 17–33

PASCHINGER, H.: Wer ist der größte im ganzen Land? Pasterze u. Gepatschferner. In: M. d. Ö. A. V. 3, 1948, S. 59

- Zu den Gletschermessungen an der Pasterze 1959/60. In: Mitt. d. Ö. A. V. 16 (86), 1961, S. 41

- Nachmessungen am Pasterzenkees. In: Z. f. Gl. u. Glazialgeol. f. 1950, 2, 1952, S. 139–145; f. 1951 bis 1952, 2, 1953, S. 343–352; f. 1953, 3, 1954, S. 106–112; f. 1954–1955, 3, 1956, S. 381–390; f. 1956, 4, 1958, S. 136–141; f. 1957, 4, 1958, S. 141–145

- Originalberichte über die jährlichen Nachmessungen an der Pasterze, für 1947–1959. Gletscherarchiv des Ö. A. V. Innsbruck

- Die Pasterze. In: HANKE, H.: Der Großglockner u. Kaprun. Innsbruck 1966. S. 29–30
- Die Pasterze. In: J. d. D. A. V. 90, 1965, S. 47–56
- Die Pasterze, der größte Ostalpengletscher. In: M. d. Ö. A. V. 3, 1948, S. 59–60
- Pasterzenlandschaft u. Gamsgrube. In: N. u. L. 37, 1950/51, S. 115–118
- Fünf Jahre Pasterzen-Messungen. In: Car. II. f. 1947–1951, 62 (142), 1953, S. 7–15; f. 1952–1956, 67 (147), 1957, S. 7–13; f. 1957–1961, 72 (152), 1962, S. 7–13; f. 1962–1966, 77 (157), 1967, S. 82–88
- Der Rückgang der Alpengletscher. In: Aus d. Heimat. 59, 1951, S. 132–135

PASCHINGER, V.: Das vergletscherte Areal der Glocknergruppe. In: Z. d. D. u. Ö. A. V. 60, 1929, S. 161–167

- Bericht über die Aufnahme hochalpiner Kleinseen in der Sonnblick- u. Glocknergruppe. In: J. B. d. Sonnbl. V. 43, 1934, S. 55–62
- Bericht über die Beobachtungen an der Pasterze in den Jahren 1933 bis 1944. In: Car. II. 55, 1946, S. 12
- Berichte über die Nachmessungen an der Pasterze. In: Z. f. Gl. f. 1919–1924, 14, 1925/26, S. 67–68; f. 1927, 16, 1928, S. 138–139; f. 1928, 17, 1929, S. 196–197; f. 1929, 18, 1930, S. 215–217; f. 1930, 19, 1931, S. 144–145; f. 1931, 20, 1932, S. 119–120; f. 1932, 21, 1933, S. 175–178; f. 1933, 22, 1935, S. 208–211; f. 1934, 23, 1935, S. 124–127; f. 1935, 24, 1936, S. 178–181; f. 1936, 25, 1937, S. 215–218; f. 1937, 26, 1938, S. 172–175; f. 1938, 27, 1941, S. 156–161; f. 1939, 27, 1941, S. 322–326; f. 1940, 28, 1942, S. 101–104; f. 1941, 28, 1942, S. 137–140
- Das ewige Eis. Der Großglockner. München 1929
- Des Glockners Eisgefilde. Klagenfurt 1951, 83 S.
- Die Firnmoräne der Pasterze. In: Z. f. Gl. u. Glazialgeol. 1, 1949, S. 56–62
- Wissenschaftliche Forschung im Gebiet des Großglockners. In: Bergst. 25, 1957/58, S. 37–39
- 175 Jahre Forschungsarbeit im Glocknerbereiche. In: Festschr. 40 J. Kärntner Landsmannschaft. Klagenfurt 1950, S. 88–90
- Wieder einmal Geschäfte mit der Pasterze? In: M. d. Ö. A. V. 15, 1960, S. 115–116
- Die Gletscher der Glocknergruppe. In: Fischer, H.: Der Großglockner. München 1929, S. 69–80
- Die verschwundenen Gletscher der Ostalpen (seit dem letzten Hochstand um 1850). In: Abh. d. Österr. Geogr. Ges. 18, 1959, 67 S.
- Vom Gletscherschwund in den Hohen Tauern im Hinblick auf die Wasserspende. In: Unser Wasser 1956, S. 9–11
- Am Herzschlag der Pasterze. In: 55. Hauptvers. d. D. u. Ö. A. V. Klagenfurt 1929, S. 60–64
- Landeskunde von Kärnten u. Osttirol. Klagenfurt 1949
- Nachmessungen an der Pasterze. In: Car II. f. 1924–1925, 34/35, (114/115), 1925, S. 17–21; f. 1926 bis 1927, 37/38, (117/118), 1928, S. 19–23; f. 1928–1933, 43/44, (123/124), 1934, S. 22–26; f. 1934–1938, 49, (129), 1939, S. 57–66; f. 1938–1944, 55, (135), 1946, S. 12–26
- Originalberichte über die jährlichen Nachmessungen an der Pasterze für die Jahre 1924–1946. In: Gletscherarchiv des Ö. A. V. Innsbruck
- Die Pasterze. In: N. J. 1960, S. 113–115
- Die Pasterze. In: Festschr. 50 Jahre Glocknerhaus. Klagenfurt 1926, S. 39–53
- 100 Jahre Pasterzenforschung. In: Car. II, 136, 1947, S. 57–58
- Der Pasterzengletscher. In: Führer f. d. Exk. d. 3. Intern. Quartärkonf. Wien 1936, S. 21–33
- 2 Jahrzehnte Pasterzenrückgang. In: M. d. D. A. V. 1943, S. 49–52
- Pasterzenstudien. Festschr. z. 100 jähr. Best. d. Naturwiss. Ver. f. Kärnten. Car. II, Sonderh. 11, T. 2, 1948, 119 S.
- Profiländerungen der Pasterze 1848–1942. In: Z. f. Gl. u. Glazialgeol. 1, 1950, S. 39–55
- Zur Statistik u. Dynamik der Höhengrenzen in den Ostalpen. In: Festschr. E. AICHINGER z. 60. Geb. Sonderf. d. Schriftenr. Angew. Pflanzensoziol. 1954, S. 785–801
- Zitiert bei S. MORAWETZ; Die Vergletscherung der zentralen Ostalpen von den Stubaier Alpen bis zur Sonnblickgruppe. Zeitschr. d. deutschen Alpenvereins, Bd. 72, Verlag F. Bruckmann KG., München 1941, S. 55–60.

Pasterze angebohrt u. auf Radioaktivität geprüft. In: Agrarisches Informationszentrum Nr. 814, Wien 26. 8. 1963

Pasterze wurde auf Radioaktivität untersucht. In: Bergst. 31, 1963/64, S. 87–88

Pasterzenkees. Das –, der größte Ostalpengletscher. In: B. u. H. 3. 1948, S. 178

PATZELT, G.: 1969. Die Gletscher der Venedigergruppe. Die Geschichte ihrer Schwankungen seit dem Beginn der postglazialen Wärmezeit. Diss. phil. Fak. Universität Innsbruck, Druck in Vorbereitung

PECHLAUER, R.: Zur Limnologie des Kapruner Tales u. des Stubachtales. In: Ö. Wasserwirtsch. 11, 1959, S. 185

PÉGUY, CH. P.: Centrales et glaciers du Großglockner. In: Rev. de Géogr. alp. Grenoble 44, 1956, S. 393–398

PEISKER, J.: Wirtschaftsgeschichte u. ihr wichtigster Behelf, die Katasterkarte. In: Mitt. d. Anthropolog. Ges. Wien 27, 1897, S. 1–8

PENCK, A. u. BRÜCKNER, E.: Die Alpen im Eiszeitalter. 3 Bde. Leipzig 1909

PENKNER, G.: Die Entwicklung der Landtechnik in Kärnten in den letzten 30 Jahren. Klagenfurt 1965. Manuskript maschinenschriftl.

PETERKA, H.: Pallavicinirinne. In: Bergst. 6 (14), 1935/36, S. 344–348

- Zwei neue Urgesteinfahrten. In: Bergst. 5 (13), 1934/35, S. 340 u. 410

PETERS, K.: Die geologischen Verhältnisse des Oberpinzgaues, insbesondere der Centralalpen. In: J. Geol. R. A. 5, 1854, S. 766–808

PFAFF, F.: Untersuchungen über die Bewegung des Pasterzengletschers. In: Z. d. D. u. Ö. A. V. 12, 1881, S. 1–9
PILLEWIZER, W.: Die Firnverhältnisse der Pasterze in den Jahren 1929 u. 1939. In: Z. f. Gl. f. Eisz. u. G. d. Kl. 27, 1941, S. 246–255
– Zur Frage jahreszeitlicher Schwankungen in der Geschwindigkeit der Gletscherbewegung. In: Z. f. Gl. 1, 1950, S. 29
– Das Karlingerkees am Großglockner im Jahre 1945. In: Z. f. Gl. 1, 1949/50, S. 149–151
PILS, J.: Osterschifahrt auf den Glockner. In: Nachr. d. S. Linz d. D. u. Ö. A. V. 7, 1935
PIPPAN, TH.: Morphologische Untersuchungen in den nördlichen Tauerntälern. M. d. G. f. Salzb. L. Salzburg 1948/49, S. 112–146
– Die Morphologie des Kapruner Tales (Vortragsber.), Mitt. d. Naturwiss. Arbeitsgem. v. Haus d. Natur in Salzburg, 1. Jg., 1950, S. 29
– Das Kapruner Tal. Mitt. d. G. f. Salzb. L. 92, Salzb. 1952, S. 83–123
– Neue morphologische Untersuchungen im Kapruner Tal, dem klassischen Beispiel der Becken- und Riegelbildung in den Tauerntälern. Tirage à part des Actes du IV Congrès pour l'Etude du Quaternaire (Inqua). Rome-Pise 1953
– Geomorphologische Untersuchungen im Stubachtal in den Hohen Tauern. Mitt. d. Geogr. G. Wien, Bd. 99, Wien 1957, S. 204–223
– Anteil von Glazialerosion und Tektonik an der Beckenbildung am Beispiel des Salzachtales. Z. f. Geomorph., Bd. 1, Berlin 1957, S. 71–100
– Diskussionsbeiträge zum derzeitigen Stand der alpinen geomorphologischen Forschung in Salzburg. Z. f. Geomorph. Bd. 6, Berlin 1962, S. 103–113
– Abschließende Diskussionsbemerkungen zur Morphologie der Salzburger Alpen. Z. f. Geomorph. Bd. 8, Berlin 1964, S. 362–365
– Hangstudien im Fuschertal in den mittleren Hohen Tauern in Salzburg unter besonderer Berücksichtigung der tektonischen und petrographischen Einflüsse auf die Hangbildung. Z. f. Geomorph., Suppl. Bd. 5, Berlin 1964, S. 136–166
– Diskussionsbemerkungen zur Morphologie der mittleren Tauerntäler. Mitt. d. Ö. Geogr. G. Bd. 107, Wien 1965, S. 218–221
PIROLA, A.: Flora e vegetazione periglaciale sul versante meridionale del Bernina. Flora et Vegetatio Italica. Mem. 1. Milano 1959, 115 S.
PISEK, A.: An den Grenzen des Pflanzenlebens im Hochgebirge. In: J. d. V. z. Sch. d. Alpenpfl. u. -T. 28, 1963, S. 112–129
PITTIONI, B.: Die Hummelfauna des Kalsbachtales in Ost-Tirol. In: Festschr. E. STRAND 3, 1937, S. 64–122
PRASCH, H.: Bäuerliche Volkskunde Kärntens. In: Gesch. d. Kärntner Landwirtschaft u. bäuerliche Volkskunde Kärntens. Hrsg. v. d. Kammer f. Land- u. Forstwirtschaft in Kärnten. Klagenfurt 1966
PREUSCHEN, E.: Die Salzburger Schwemmlandlagerstätten. In: B. u. H. Jb. bzw. M. H. 86, 1938, S. 36–45
PREUSS, R.: Landschaft u. Mensch in den Hohen Tauern. Würzburg-Aumühle 1939
PREY, S.: Exkursionsführer VII: Tauernfenster. In: Ver. Geol. B. A. Wien Sonderh. A, 1951, S. 95–109
– Der ehemalige Großfraganter Kupfer- u. Schwefelkiesbergbau. In: Mitt. Geol. G. Wien 54, 1961, S. 163–199
– Modereckdecke u. Rote Wandgneisdecke. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1938, S. 190–192
– Die Matreier Zone in der Sadniggruppe. Beitrag in Ch. Exner: Erl. zur Geol. Karte der Sonnblickgruppe. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1964, S. 131–151
PRUTZER, E.: Die Niederschlagsverhältnisse an der Waldgrenze. In: Ökologie d. alpinen Waldgrenze. Mitt. d. Forst. Bundesvers. anst. Wien 75, 1967, S. 173–205
RAMDOHR, P.: Einige Beobachtungen an Erzen aus den Ostalpen. In: Der Karinthin 17, 1952, S. 99–101
RAMSAUER, Ch.: Eine Betrachtung zur Servitutenordnung. In: Alm u. Weide 1926
RATHJENS, C. JUN.: Neue Untersuchungen von Flachformen der Höhe in den Alpen. Erdkunde Bd. II, 1948, S. 79–81
RAUDA, W.: Eingeschneit auf der Adlersruhe. In: Der Winter 29, 1936, S. 135–138
REINISCH, J.: Die ersten Faunisten des Glocknergebietes. In: Nbl. E. 9. 1952, S. 158
REISIGL, H. u. PITSCHMANN, H.: Obere Grenzen von Flora u. Vegetation in der Nivalstufe der zentralen Ötztaler Alpen. In: Vegetatio, Acta geobotanica. Den Haag 8, 1958/59, S. 93–129
REISSACHER, K.: Die goldführenden Gangstreichen der Salzburgischen Central-Alpenkette. In: HAIDINGERS Naturwiss. Abh. 2/II, 1848, S. 17
– Geologische Karte der Umgebungen von Gastein u. Rauris. In: HAIDINGERS Naturwiss. Abh. 2, 1848
REITSAMER, J.: Der Pinzgau von innen gesehen. In: Merian 18, H. 4, 1965, S. 13–16
Resolution zur Schaffung von Nationalparken in Österreich. In: N. u. L. 45, 1959, S. 38
Resolutionen zum Schutze der Gamsgrube. In: N. u. L. 37, 1950/51, S. 135
Resultate. Die – der Untersuchung des Bergbauterrains der Hohen Tauern. Hrsg. v. Ackerbauministerium 1895.
RHAMM, K.: Das kärntnerische Bauernhaus. In: Carinthia 1890, S. 44–48
RICHTER, E.: Die Gletscher der Ostalpen. Handb. z. Dt. Landes- u. Volksk. 3. Bd., Stuttgart 1888, 306 S.
– Geomorphologische Untersuchungen in den Hochalpen. P. M. Erg. Bd. 132, Gotha 1900, S. 1–103
RIEDL, H.: Neue Beiträge zum Problem: Raxlandschaft – Augensteinlandschaft. M. d. Ö. Geogr. G., Bd. 108, Wien 1966, S. 98–109
RIEDLER, R.: Die Struktur der Osttiroler Landwirtschaft. Hrsg. v. d. Landwirtschaftskammer f. Tirol. Innsbruck 1960

RINALDINI, v. B.: Die Kitzbühler Alpen. Ostalp. Formenstudien, Berlin 1923, 144 S.
– Die obere Grenze der Dauersiedlung u. die relative Höhe des Siedlungsraumes in Tirol. In: Mitt. Geogr. Ges. Wien 1929
RIPPEL, K.: Der Großglockner u. seine Straße. 2. erw. Aufl. Klagenfurt 1950, 75 S.
ROCHATA, C.: Die alten Bergbaue auf Edelmetalle in Oberkärnten. In: J. Geol. R. A. Wien 28, 1878, S. 213–368
ROSTHORN, F. v. u. CANAVAL, J. L.: Beiträge zur Mineralogie u. Geognosie von Kärnten. In: Jb. Naturhist. Landesmuseum Kärnten 2, 1853, S. 113
ROSZMANITH, G.: Der Naturschutzpark in den Hohen Tauern Salzburgs. In: Z. d. D. u. Ö. A. V. 68, 1937, S. 152–156
RUTHNER, A. v.: Verfallener Bergbau am Kloben. In: Mitt. Geogr. Ges. Wien 5, 1861, S. 96
– Berg- u. Gletscherreisen in den österr. Hochalpen. Pasterze. Wien 1964, S. 94–114
SANDER, B.: Erläuterungen zur geologischen Karte Meran-Brixen. In: Schlern Schriften 16, 1929, 111 S.
SAUBERER, F. u. HÄRTEL, O.: Pflanze u. Strahlung. Leipzig 1959
SAUTER: Die Vegetationsverhältnisse des Pinzgaues im Herzogtume Salzburg. In: M. d. G. f. Salzb. L. 1863
SCHACHINGER, A.: Die Sommer- u. Winter-Siedlungsgrenze in Salzburg. Wien 1921. Ungedruckte Diss.
SCHAFFRAN, E.: Das Kapruner Tal u. der Bau der Tauernkraftwerke. In: Bergst. 23, 1955/56, S. 307–313
SCHARBERT, H.: Die eklogitischen Gesteine des südlichen Großvenedigergebietes. In: J. G. B. A. Wien 97, 1954, S. 39–63
– Die Grüngesteine der Großvenediger Nordseite (Oberpinzgau, Salzburg) T. 1. In: Sber. Ö. Ak. Wiss. Wien m. nw. Kl. Abt. I, 166, 1957, S. 307–330
SCHARFETTER, R.: Das Pflanzenleben der Ostalpen. Wien 1938
SCHEERPELTZ, O.: Ein neues Olophrum aus den Hohen Tauern Salzburgs. (Col. Staphylinidae, Omaliinae) In: Kol. Rdsch. 21, 1935, S. 1–8
– Neue Staphyliniden (Coleoptera) aus Österreich I. In: Sber. Ö. Ak. Wiss. Wien m. nw. Kl. Abt. I, 156, 1947, S. 251–356
SCHEUCHENSTUEL, K. v.: Über den vormaligen Bergbau im Mölltal in Oberkärnten. In: Karinthia 1829, Nr. 17. 18
SCHIECHTL, M.: Die Physiognomie der potentiellen natürlichen Waldgrenze u. Folgerungen für die Praxis der Aufforstung in der subalpinen Stufe. In: Ökologie d. alpinen Waldgrenze. Mitt. d. Forstl. Bundesvers. anst. Wien 75, 1967, S. 5–55
SCHIENER, A.: Neuere Mineralfunde aus den Salzburger Alpen. In: TSCHERMAKS Min. Petr. Mitt. 3, F, 2, 1951, S. 143–146
SCHINDLER, F.: Kulturregionen u. Ackerbau in den Hohen Tauern. In: M. d. D. u. Ö. A. V. 19, 1888, S. 73–82
SCHINTLMEISTER, PETER: Glockner-Eiswände als Schituren. In: Bergst. 7. (15) 1936/37, S. 443–445
SCHLAGINTWEIT, H. u. A.: Neue Untersuchungen über die physikalische Geographie der Alpen Leipzig 1854
– Untersuchungen über die physische Geographie der Alpen. Leipzig 1850, 606 S.
SCHLEIZER, K.: u. ERKER, K.: Bericht über das landwirtschaftliche Schulwesen in Kärnten. Klagenfurt 1956
SCHMID, J.: Siedlungsgeographie von Kärnten. In: Car. I. 118, 1928, S. 15–53; 119, 1929, S. 134–153; 125. 1935, S. 17–26
SCHMIDEGG, O.: Geologische Aufnahmen in der Venedigergruppe (Blatt KRIMML 151 u. Großglockner 152). In: Ver. Geol. B. A. Wien 1955, S. 73–75
– Bericht über lagerstättenkundliche u. sonstige praktisch-geologische Arbeiten. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1952, S. 63–64
– Geologische Übersicht der Venedigergruppe. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1961, S. 35–56
SCHMIDKUNZ, W.: Die Pasterzensage. In: GALLHUBER, J.: Die Hohen Tauern 1935, S. 164–166
– Tauern- und Glocknerbahn. In: GALLHUBER, J.: Die Hohen Tauern 1935, S. 183
SCHMIDT, A. R.: Über die Kupferbergbaue im Pinzgau. In: Öst. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 18, Nr. 21, 1870, S. 163–165, 174, 182, 235
SCHMIDT, W. J.: Die Matreier Zone in Österreich. T. 1–5. In: Sber. Ak. Wiss. m. nw. Kl. Abt. I, 159, 160, 161; 1950, 1951, 1952
SCHMIDT ZU WELLENBURG, W. v.: Das Gebiet der neuen Glocknerkarte u. der Alpenverein. In: J. d. D. A. V. 90, 1965, S. 65–76
– Kleines aus der Geschichte des Großglockners. In: M. d. D. u. Ö. A. V. 62, 1936, S. 256–258
SCHMITT, F.: Großglockner-Chronik. In: J. d. D. A. V. 90, 1965, S. 17–34
SCHMUCK, A.: Beiträge zur Geomorphologie der Sonnblickgruppe. Mitt. d. naturwiss. Ver. f. Steiermark 69, Graz 1932, S. 59–69
Schneeräumung auf der Großglockner-Hochalpenstraße. In: Bergst. 32, 1964/65, S. 619
SCHNEIDER, V.: Vom Ungeist wider die Natur. Gamsgrube. In: Hain 1936/37, S. 69
SCHOBESBERGER, F.: Fahrtenfreude. In: Bergst. 30, 1962/63, S. 877–880
SCHÖNBERGER, M.: Bevölkerungsstatistik eines Salzburger Gebirgstales. 1621–1920. In: Mitt. d. Anthropolog. Ges. Wien 56, 1926, S. 271–281
SCHÖNER, H.: Die Großglocknergruppe als europäischer Energiespender. In: Bergst. 17, 1949/50, S. 559–565
– 25 Jahre Großglocknerstraße. In: Bergst. 17, 1949/50, S. 8
– Versöhnende Technik – Die Tauernkraftwerke. In: Bergst. 21, 1953/54, S. 130–137

SCHRECKENTHAL-SCHIMITSCHEK, G.: Der Einfluß des Bodens auf die Vegetation im Moränengelände des Mittelbergferners (Pitztal, Tirol). In: Z. f. Gl. 23, 1935, S. 57–66
SCHROETER, C.: Das Pflanzenleben der Alpen, 2. Aufl. Zürich 1926
SCHROLL, K. M.: Grundriß einer Salzburgischen Mineralogie. In: Jb. f. Berg- u. Hüttenkunde 1, 1797, S. 95–196
SCHÜLLER, H.: Die Talsperren der Oberstufe der Tauernkraftwerke Glockner-Kaprun. In: Nachr. d. Österr. Betonver. Jg. 14, 1954, 1, 1, S. 1 – Beil. z. Österr. Bauz. 9, 1954, 1
SCHÜLLER, I.: Achsenverteilungsanalyse eines Glimmermarmors. (Tauernhülle Glocknerstraße). In: J. G. B. A. Wien 1955, S. 21–31
SCHULTES, J. A.: Reise auf den Glockner. T. 1–4, Wien 1904
SCHWARZACHER, W. u. UNTERSTEINER, N.: Zum Problem der Bänderung des Gletschereises. In: Sber. d. Ö. Ak. d. Wiss. m. nw. Kl. Abt. IIa, 162, 1953, S. 111–145
SCHWEICKHARDT, E.: Bei Windstärke 10 auf dem Großglockner. In: Bergst. 7 (15), 1936/37, S. 765–766
SEEFELDNER, E.: Zur Morphologie der Salzburger Alpen. Geogr. J. B. a. Ö., Bd. 13, Wien 1926, S. 107–149
– Zur Geographie des bayr.-salzburgischen Gebirgshauses. In: Bayer. Blätter f. d. Gymnasial-Schulwesen 65, 1929, S. 265–272
– Die alten Landoberflächen der Salzburger Alpen. Z. f. Geomorph. Bd. VIII, Leipzig 1935, S. 157–198
– Die Entwicklung der Salzburger Alpen im Jungtertiär. M. d. Geogr. G. Wien, Bd. 94, Wien 1952, S. 179–194
– Salzburg und seine Landschaften. Salzburg/Stuttgart 1961, 574 S. – Mitt. d. Ges. f. Salzb. Landeskunde, Erg. Bd. 2)
– Neuere Ergebnisse zur Morphologie der Salzburger Alpen. Mitt. d. Naturwiss. Arbeitsgem. v. Haus d. Natur in Salzburg. Salzburg 1962, S. 1–14
– Morphologische Zusammenschau oder Einzelbetrachtung in den Salzburger Alpen. Z. f. Geomorph. Bd. 8, Berlin 1964, S. 64–71
– Zur Morphogenese der mittleren Tauerntäler. M. d. Ö. Geogr. G., Bd. 106, Wien 1964, S. 45–53
– Die Verteilung der Bevölkerung im Bundesland Salzburg. Mitt. d. Ges. f. Sbg. Landeskunde, Bd. 98, 1958, S. 225–234
SEELAND, F.: Studien am Pasterzengletscher. In: M. d. D. u. Ö. A. V. f. 1893–1895, 21, 1895, S. 104–105, 116–118, 295–297; f. 1896, 22, 1896, S. 271–274; f. 1897, 23, 1897, S. 288–291; f. 1898, 24, 1898, S. 294–297; f. 1899, 25, 1899, S. 291–294
– Studien am Pasterzengletscher. In: Z. d. D. u. Ö. A. V. f. 1879, 11, 1880, S. 205–208; f. 1880, 12, 1881, S. 171–177; f. 1881, 13, 1882, S. 110–112; f. 1882, 14, 1883, S. 93–97; f. 1883, 15, 1884, S. 51–55; f. 1884, 16, 1885, S. 79–84; f. 1885, 17, 1886, S. 119–126; f. 1886, 18, 1887, S. 90–98; f. 1887, 19, 1888, S. 58 60; f. 1888, 20, 1889, S. 529–533; f. 1889, 21, 1890, S. 488–491; f. 1890, 22, 1891, S. 457–463; f. 1891, 23, 1892, S. 427–431; f. 1892, 24, 1893, S. 486–489
– Untersuchung eines am Pasterzengletscher gefundenen Holzstrunkes. In: Öst. Bot. Z. 31, 1881
Seilbahn auf den Fuscherkarkopf. In: M. d. Ö. A. V. 3 (73), 1948, S. 32
SENARCLENS-GRANCY, W.: Aufnahmsbericht 1955 über die Blätter Hopfgarten i. Defereggen (178) u. St. Jakob i. Defereggen (177) sowie über unmittelbare Nachbargebiete. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1956, S. 93–96
– Aufnahmsbericht 1956 über Blatt St. Jakob i. Defereggen (177) sowie über unmittelbare Nachbargebiete. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1957, S. 79–81
– Bericht 1957 über Aufnahmen auf den Blättern St. Jakob u. Hopfgarten i. Defereggen (177, 178) sowie in unmittelbaren Nachbargebieten. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1958, S. 263–267
– Bericht 1962 über Aufnahmen auf den Blättern St. Jakob in Defereggen (177) u. Umgebung. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1963, A. 54–55
– Bericht 1958 über Aufnahmen auf den Blättern Rötspitze, St. Jakob u. Hopfgarten i. Defereggen (151/3, 177, 178) u. Umgebung. In: Ver. Geol. B. A. Wien 1959, A 85–88
– Zur Gliederung eiszeitlicher u. jüngerer Gletscherspuren in den Alpen zwischen Venediger, Glockner u. Pustertal. In: M. Geol. Ges. Wien 35, 1942, S. 125
SENDELE, H.: Die Almwirtschaft von Matrei in Osttirol. Innsbruck 1963. maschinenschriftl. Diss.
SIEGER, R. :Almen u. Almabtrieb. Beiträge zur Geographie d. Almen in Österreich. Festschr. f. R. Sieger, Graz 1925
– Almstatistik u. Almgeographie. In: M. d. D. u. Ö. A. V. 33, 1907, S. 225–226
– Zur Geographie der zeitweise bewohnten Siedlungen in den Alpen. In: Ver. d. 16. Dt. Geogr. Tages. Berlin 1907
SIEGLER, K.: Ferientage am Großglockner. In: Entomolog. Z. Stuttgart 67, 1957, S. 121
SILD, U.: Großglockner, Lammerweg. In: M. d. D. u. Ö. A. V. 63, 1937, S. 174–175
SINEK, L.: Vom Großglockner. In: Österr. Bergst.-Ztg. 44, 10, 1966, S. 3
SKOFIZH, H.: Eine Winterbesteigung des Großglockners. In: GALLHUBER, J.: Die Hohen Tauern 1935, S. 83–90
SLUPETZKY, H. u. W.: Ergebnisse der Gletschermessungen in der Granatspitz- u. westlichen Glocknergruppe in den Jahren 1961 -63. In: M. d. Ö. Geogr. G. 106, 1964, S. 231
– Ergebnisse der Gletschermessungen im obersten Stubachtal (Hohe Tauern) in den Jahren 1960–1967. 63.–65. Jahresbericht d. Sonnblickvereins f. d. Jahre 1965–1967, Kommissionsverlag von Springerverlag, Wien 1968, S. 43–51.
– Die Veränderungen des Sonnblick-, Ödenwinkel u. Unteren Riffelkeeses in den Jahren 1960–62.

Ergebnisse der Gletscheruntersuchungen in der Granatspitz- u. westlichen Glocknergruppe. In: W. u. L. 15, 1963, S. 60
SLUPETZKY, H.: Glaziologische und glazialmorphologische Untersuchungen im obersten Stubachtal (Hohe Tauern), mit besonderer Berücksichtigung der Massenhaushaltsuntersuchungen am Stubacher Sonnblickkees in den Jahren 1963–1966. Dissertation Universität Wien, 1968.
SÖLCH, J.: Geographie des Iselgebietes in Osttirol. In: Badische geogr. Abh. 12, 1933
SÖLCH, J.: Das Formenbild der Alpen. Geogr. Z. Bd. 31, 1925, S. 193–204
– Die geol. Karte der Glocknergruppe von CORNELIUS u. CLAR. In: M. d. Geogr. G. Wien 1937, S. 79–84
SOLAR, F.: Zur Kenntnis der Böden auf dem Raxplateau. Mitt. Österr. bodenk. Ges. Heft 8, 1964, S. 1–72, 1 Karte, 1 Veg. Tab.
SONKLAR, K.: Die Gebirgsgruppe der Hohen Tauern. Wien 1866, 408 S.
– Raum u. Gesellschaft in den Alpen. In: Geogr. Zeitschr. 37, 1931, S. 143–168
SORAVIA, K.: Alpenhotel „Kaiser Franz Josef-Haus" an der Großglocknerstraße. In: HR 14, 1951, S. 19
SPANN, J.: Alpwirtschaft. Freising 1923, 568 S.
SPANNRAFT, L.: Die Glocknerbiwakschachtel. In: J. d. D. A. V. 90, 1965, S. 84–86
SPREITZER, H.: Die Almen von Heiligenblut. In: Glocknerhaus-Festschr. Klagenfurt 1926, S. 25–38
– Die Almen des oberen Mölltales. Veröff. ak. Geogr. Ver. Graz 1925
– Die Piedmonttreppe in der regionalen Geomorphologie. Erdkunde 5, Bonn 1951 S. 294–305
– Hangformung und Asymmetrie der Bergrücken in den Alpen und im Taurus. Z. f. Geomorph., Suppl. Bd. I, Berlin 1960, S. 211–236
– Die Entstehung der Formen des Hochgebirges; rezente und vorzeitliche Höhengürtel der Landformung am Beispiel der Alpen und des Taurus. Deutscher Geographentag Köln 1961, Tagungsber. u. wiss. Abh., Wiesbaden 1962, S. 323–333
– Altlandschaft und Vorzeitformen in den Österreichischen Donauländern. Ein Beitrag zur Morphogenese und zur klimatischen Geomorphologie. In: Tijdschrift van het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap. Tweede Reeks, Deel LXXXIII, No. 3, 1966, S. 303–310
SRBIK, R. R. V.: Der Gletscherschwund. In: Frankfurter Zeitg. 13. 6. 1943. Berichte u. Bilder S. 2
STADLER, F.: Große Eiswände der Ostalpen. In: J. d. D. A. V. 78, 1953, S. 86–91
STAUB, R.: Der Bau der Alpen. In: Beiträge Geol. Karte d. Schweiz 82, N. F. 52, 1924, S. 1–272
– Nouvelle remarque sur les nappes pennique des Tauern. In: C. R. S. Soc. Géol. de France 4, Paris 1936, S. 264
STEINBÖCK, O.: Der Gletscherfloh, Jahrb. D. Ö. A. V. 1939, 138–147
STEINHAUSER, F.: Untersuchungen über die Schneedeckenverhältnisse im Hochgebirge nach Beobachtungen auf der Großglockner-Hochalpenstraße. In: Z. Geofisica pura e appl. 17, 1950, S. 183–198
– Die säkularen Änderungen der Sonnenscheindauer in den Ostalpen. 51.–53. Jb. d. Sonnblick-Ver. (1953–1955), Wien 1957, S. 3–27
– Die säkularen Änderungen der Niederschlagsmenge in Österreich. 58.–59. Jb. d. Sonnblick-Ver. (1960–1961), Wien 1963, S. 5–33
STINY, J.: Exkursionen der INQUA durch das österreichische Alpenvorland u. durch die Ostalpen vom 9. bis 23. September 1936.( Die Strecke Salzburg-Innsbruck-Ötztal). In: Verh. 3. Intern. Quartärkonf. Wien 1936, S. 357–367
– Zur Landformenkunde des Glocknergebietes. In: Geol. Rdsch. 25, 1934, S. 378–383
– Geologische Streiflichter auf den Bau der Großglocknerstraße. In: Festschr. z. Eröffnung. Salzburg 1935, S. 24–26
– Die baugeologischen Verhältnisse der österreichischen Talsperren. Die Talsperren Österreichs. H. 5, Österr. Wasserwirtschaftsverband, Wien 1955
– Die landformenkundlichen u. geologischen Verhältnisse der Hauptstufe des Kapruner Werkes. In: Die Hauptstufe Glockner–Kaprun, Tauernkraftwerke A. G. Zell a. See 1951, S. 29–36
– Verwerfungen u. Talsperrenbau. In: Geol. u. Bauwesen 23, 1957/58, S. 51–54
STOCKER, E. P.: Vom Römerweg zur Glocknerstraße. In: GALLHUBER, J.: Die Hohen Tauern, 1935, S. 147
STOIS, A.: Der Großglockner im Lichte der Geschichte. In: Fischer, H.: Der Großglockner, München 1929, S. 29–51
Stollendurchschlag im Großglocknermassiv. In: Bergst. 19, 1951/52, S. 86–87
STOLZ, O.: Geschichte von Osttirol im Grundriß. Festschrift f. Osttirol. Lienz 1925
– Die Schwaighöfe in Tirol. Wiss. Veröff. d. D. u. Ö. A. V. 5, Innsbruck 1930, 197 S.
STUEDL, J.: Ein interessantes Blatt (Pasterze) In: Z. d. D. u. Ö. A. V. 8, 1877, S. 136–137
STUR, D.: Beitrag zur Kenntnis der Flora des Lungaus. In: Österr. Bot. Wochenbl. 5, 1855, S. 73–75, 83–84, 91–94, 97–99, 108–109, 117–118, 124–125, 133–135, 139–141, 146–148
– Die geologische Beschaffenheit der Zentralalpen zwischen dem Hochgolling u. dem Venediger. In: Jb. Geol. R. A. Wien 5, 1854, S. 818–852
– Der Großglockner u. die Besteigung desselben. In: Jb. Geol. R. A. 6, 1855, S. 814–837
– Die geologischen Verhältnisse der Thäler der Drau, Isel, Möll u. Gail in der Umgebung von Lienz, ferner der Carnia im venetianischen Gebiet. In: Jb. Geol. R. A. 7, 1856, S. 405–459
SUESSENGUTH, K.: Zur Flora des Gebietes der Berliner Hütte in den Zillertaler Alpen. In: Ber. Bayr. Bot. Ges. München 29, 1952, S. 72–82
SVENSON, H.: Methoden zur Bestimmung der Waldgrenzhöhe. In: Erdkunde 9, 1955, S. 224–225
Tauernkraftwerk. Das – Glockner-Kaprun in Betrieb. In: Ö. Z. E. 9, 1956

Tauernkraftwerk Glockner-Kaprun, Oberstufe. Bescheid (Wasserrechtl. Bewilligung), Wien 1955, 19 S.
TERMIER, M. P.: Les nappes des Alpes Orientales et la Synthese des Alpes. In: Bull. Soc. Géol. France 4, Ser. 3, Paris 1903, S. 711–766
TEWES, E.: Kampf um den Großglockner. In: Münchn. Zeitg. 47, 1938, Nr. 243–245, 248–252
THALLER, M.: Aus der Geschichte des Glocknerhauses von 1876–1926. In: Festschr. 50 Jahre Glocknerhaus. Klagenfurt 1926, S. 10–24
THIERSCH, F.: Eine Besteigung des Großglockners im September 1810. In: B. u. B. 12, 1938, S. 5
TISCH, F.: Bergheimat u. Naturschutz. In: Allg. Bergst. Ztg. 15, 1937, Nr. 731
TOLLMANN, A.: Der Baustil der tieferen tektonischen Einheiten der Ostalpen. In: Geol. Rdsch. 52, 1962, S. 226–237
– Die Fortsetzung des Briaconnais in den Ostalpen. In: Mitt. Geol. Ges. Wien 57, 1965, S. 469–478
– Die alpidischen Gebirgsbildungsphasen in den Ostalpen u. Westkarpaten. In: Geotektonische Forschungen 21, 1966, 156 S.
– Ostalpensynthese. Wien 1963, 256 S.
– Die Rolle des Ost-West-Schubes im Ostalpenbau. In: Mitt. Geol. Ges. Wien 54, 1955, S. 229–247
– Die morphologische Entwicklung der Ostalpen im Tertiär. Vortrag bei der Jahrestagung der Geologischen Vereinigung in Göttingen am 21. 2. 1968
TOLLNER, H.: Eine bemerkenswerte Änderung des Sommerklimas in der ostalpinen Hochgebirgsregion. In: Zeitschr. f. Meteorol. 1957
– Die Änderungen des Sommer-Bergwetters in den letzten Jahren u. die Reaktion der Ostalpengletscher. In: Ber. d. Dtsch. Wetterdienstes 1958
– Bericht über die Eisstände der Gletscher der Großglockner- u. Sonnblickgruppe im Frühherbst 1954, 1955 u. 1956. In: J. B. d. Sonnbl. V, 51–53, 1953–55, S. 33
– Bericht über den Zustand einiger Tauerngletscher am Ende des Sommers 1950. In: W. u. L. 3, 1951, S. 47
– Die Depression ostalpiner Firngrenzen von 1947 auf 1948. In: Mitt. d. Geogr. Ges. 1949
– Zum Problem Eishaushalt u. Niederschlag im Hochgebirge. In: M. d. Geogr. G. Wien 90 1948, S. 3–12
– Zum Eisschwund der Alpengletscher. In: W. u. L. 1948
– Eisstände einiger Glockner- u. Sonnblickgletscher. In: J. B. d. Sonnblick V,: f. 1952 u. 1953, 49/50, 1951/52, S. 48–49; f. 1954–1956, 51–53, 1953–55, S. 33–38; f. 1957–1959, 54–57, 1956–1959, S. 19–27; f. 1960 u. 1961, 58/59, 1960/61, S. 74–82; f. 1963 u. 1964, 60–62, 1962–1964, S. 56–64
– Ergebnisse der Gletscheruntersuchungen in den Hohen Tauern im Spätsommer 1949. In: W. u. L. 2, 1949, S. 149–161
– Ergebnisse von Niederschlagsmessungen mittels Totalisatoren im Glocknergebiet. In: J. B. d. Sonnbl. V, 58/59, 1960/61, S. 50–63
– Die Schneeverhältnisse auf zentralalpinen Firnfeldern im Winter 1948/49. In: W. u. L. 2, 1949, S. 70–71
– Die Folgen des Rückganges österreichischer Gletscher auf die Wasserspeicherung hochalpiner Kraftwerksanlagen. In: J. B. d. Sonnbl. V, 51–53, 1953–1955, S. 38–42
– Haben die Gletscherrückgänge in den Hohen Tauern Rückwirkungen auf die Wasserhaltungen der Elektro-Kraftwerke? In: Festschr. Glockner-Kaprun-Möll-Überleitung 1955
– Haben die Gletscherschwankungen in den Hohen Tauern Rückwirkungen auf die Wasserhaltung der Kraftwerksanlagen im Glocknergebiet? In: Die Oberstufe des Tauernkraftwerkes Glockner-Kaprun. Festschr. Salzburg 1955, S. 1–2
– Gletscherwinde in den Ostalpen. In: Ztschr. f. Meteorol. 1931
– Gletscherwinde in den Ostalpen u. ihr Einfluß auf die Pflanzenwelt (Pasterze) In: Österr. Botan. Ztschr. 1932, S. 20
– Gletscherwinde auf die Pasterze. In: J. B. d. Sonnbl. V, 44, 1935/36, S. 38
– Meteorologisch-glaziologische Grundlagenforschung der Tauernkraftwerke A. G. In: Festschr. „Die Hauptstufe Glockner-Kaprun" 1951, S. 46
– Klima u. Witterung im Großglocknergebiet. In: J. d. D. A. V. 90, 1965, S. 42–46
– Über Klimaschwankungen im ostalpinen Hochgebirge seit 1887 u. ihre Auswirkung auf die Natur. In: Ztschr. f. Meteorol. 1966
– Luftströmungen im Bereiche von Gletschern. In: Der Pilot. 1937, S. 12
– Niederschlag, Abfluß u. Wasserspeicherung im Hochgebirge. In: Ztschr. f. Meteorol. 1965
– Stehen die Ostalpengletscher vor einer Änderung ihres Verhaltens? In: W. u. L. 8, 1956, S. 123–127
– Über Schwankungen von Mächtigkeit u. Dichte ostalpiner Firnfelder. In: A. M. 3, Ser. B 1951, S. 189–208
– Die meteorologisch-klimatischen Ursachen der Gletscherschwankungen in den Ostalpen während der letzten zwei Jahrhunderte. In: M. d. Geogr. G. Wien 96, 1954, S. 31–74
– Über die Ursachen des ungewöhnlich starken Ostalpen-Firnrückganges der letzten Jahre. In: W. u. L. 1948
– Über die Veränderungen der Gletscher im Großglockner- u. Sonnblickgebiet in den Jahren 1963 u. 1964. In: J. B. d. Sonnbl. V, 60–62, 1962–64, S. 56
– Das Verhalten der Gletscher des Sonnblick- u. Glocknergebietes von 1957 bis 1959. In: J. B. d. Sonnbl. V, 54–57, 1956–59, S. 19
– u. SCHWABL, W.: Vertikalbewegungen der Luft über einem Gletscher. In: Meteorol. Ztschr. 1938, S. 61
– Wetter u. Klima im Gebiete des Großglockners. In: Car. II, Sonderh. 14, 1952, 136, XII S.
– Über den Zustand der Gletscher der Großglocknergruppe u. des Sonnblickgebietes im Spätsommer 1960 u. 1961. In: J. B. d. Sonnbl. V, 58/59, 1960/61, S. 74

– Der Zustand der Gletscher der Glockner- u. Sonnblickgruppe im Spätsommer 1951. In: W. u. L.3, 1951, S. 252–255
– Zum jahreszeitlichen Gang der Niederschläge in ostalpinen Hochlagen, Wetter u. Leben, Jg. 12, Heft 9/10, 292–294
– Der Zustand von Gletschern des Großglockner- und Sonnblickgebietes am Ende der Sommer 1965, 1966 und 1967, 63.–66. Jahresber. d. Sonnblick-Vereines, 1968, in Druck.
– Der Zustand von Gletschern des Großglockner- u. Sonnblickgebietes am Ende des Sommers 1962. In: W. u. L. 14, 1962, S. 246–250
Tomaschek, H.: Sommerski-Bergfahrten. In: D. A. Z. 30, 1935, S. 175
Toth-Sonns, W.: Erlebtes vom Stüdlgrat. In: D. A. Z. 31, 1936, S. 229–232
– Frühlingsfahrt zum Hohen Tenn. In: Bergst. 27, 1959/60, S. 416–417
– Glocknerwege in unserer Zeit. In: J. d. D. A. V. 90, 1965, S. 35
– Die Großglockner-Hochalpenstraße. In: Fischer, H.: Der Großglockner, 2. Aufl. 1938, S. 107–136
Der Stüdlgrat. Der schönste Weg auf den Großglockner. In: Bergst. 21, 1953/54, S. 421–422
Treven, K.: Aus dem Bauernleben in Heiligenblut. In: Car. I, 141, 1951, S. 339
Tritschel, H.: Die Großglockner-Hochalpenstraße. Wien, Leipzig 1935, 63 S.
Troll, C.: Studien zur vergleichenden Geographie der Hochgebirge der Erde. Bericht d. 23. Hauptvers. d. Ges. d. Freunde und Förderer d. Universität Bonn. In: Bonner Mitt. 21, 1941
Tschermak, L.: Die natürliche Verbreitung der Lärche in den Ostalpen. In: Mitteil. a. d. forstl. Versuchswesen Österreichs, 43, Wien 1935
– Klima und Holzarten in den Ostalpen. Bioklim. Beibl. d. Met. Z. 1935
Tschernig, E.: Erschließung des Fuscherkarkopfes. In: N. u. L. 37, 1950/51, S. 137–140
Tübbesing, K.: Die Pallavicinirinne. In: Festschr. z. 50-Jahrfeier. S. Hannover 1935, S. 84
Turner, H.: Die globale Hangbestrahlung als Standortsfaktor bei Aufforstungen in der subalpinen Stufe. In: Schweiz. Anst. f. d. forstl. Versuchswesen, Mitteilungen, Bd. 42, H. 3, Birmensdorf 1966
Tursky, F.: Der Großglockner u. seine Geschichte. Wien, Leipzig 1922, 129 S.
Übelacker, R.: Der Möllstollen. In: Festschrift Die Oberstufe Glockner-Kaprun. Tauernkraftwerke A. G. 1955, S. 144–152
Übererschließung halt! (Gegen die Zerstörung des Naturschutzgebietes der Pasterze am Großglockner) In: Allg. B. Z. 15, 1937, Nr. 719
Unglück. Das – am Großglockner. In: Bergst. 29, 1961/62, S. 149
Unterforcher, A.: Die Namen des Kalserthales. In: Z. d. Ferdinandeums 43, 1899
Untersteiner, W.: Über die Feinbänderung u. Bewegung des Gletschereises. In: A. M. Ser. I, 7, 1954, S. 231–247
Vierhapper, F.: Die Kalkschieferflora in den Ostalpen. In: Öst. Bot. Ztschr. 70, 1921, S. 261–293; 71, 1922, S. 30–45
– Zirbe und Bergkiefer in unseren Alpen. In: Z. d. D. u. Ö. A. V., Bd. 46, 1915 und Bd. 47, 1916
Vierthaler, F. M.: Die Reise auf den Großglockner. München 1938, 26 S.
Vogeltanz, R.: Die Riesenbergkristalle vom Ödenwinkel. Mit einem Geleitwort von E. P. Tratz. – 16 S., 10 Abb., erschienen 1967 im Selbstverlag des Hauses der Natur, Salzburg
Vollendung der Limbergsperre. In: Bergst. 19, 1951/52, S. 28
Wagret, P.: Salzbourg, paradis de la musique et le Grossglockner. Paris 1956, 96 S. Plaisir du voyage 11
Wallack, F.: Die Großglockner-Hochalpenstraße. Geschichte ihres Baues. 2. Aufl. Salzburg 1960, 238 S.
– 20 Jahre Großglockner-Hochalpenstraße. In: Z. d. Ö. Ing. u. Arch. V. 100, 1955, S. 25 u. S. 45
– Naturerschließung für wen? In: N. u. L. 35, 1949, S. 208
Wallner, S.: Drei hochalpine Skigebiete in den Hohen Tauern. In: Der Ski 5, 1937/38, S. 125
– Der Tauern-Höhenweg. In: Bergst. 29, 1961/62, S. 666
Warnecke, G.: Eine lepidopterologische Sammelreise im Großglocknergebiet. In: Mitt. Entom. Ges. 10, 1920, S. 43–62
Wege. Stille – von Heiligenblut. In: Bergst. 29, 1961/62, S. 654
Weinschenk, E.: Beiträge zur Petrographie der östlichen Zentralalpen, speziell des Großvenedigerstockes. I. Über die Peridotite u. die aus ihnen hervorgegangenen Serpentingesteine. Genetischer Zusammenhang derselben mit den sie begleitenden Minerallagerstätten. In: Abh. Bayr. Ak. Wiss. II. Kl. 18/III, 1895, S. 651–714
– Beiträge zur Petrographie der östlichen Centralalpen, speziell des Großvenedigerstockes. II. In: Abh. Bayr. Ak. Wiss. II, Kl. 18, II, 1894, S. 717–746; III In: Abh. Bayr. Ak. Wiss. II, Kl. 22, 1903, S. 261–340
– Die Minerallagerstätten des Großvenedigerstockes in den Hohen Tauern. In: Ztschr. f. Krist. 26, 1896, S. 337–508
– Die Resultate der petrographischen Untersuchungen des Großvenedigerstockes in den Hohen Tauern u. die sich daraus ergebenden Beziehungen für die Geologie der Centralalpen überhaupt. In: Centralbl. f. Min. Geol. Pal. 1903, S. 401–409
Welten, M.: Über die spät- u. postglaziale Vegetationsgeschichte des Simmentales. In: Veröff. d. Geobot. Inst. Rübel 26, 1952
Welzenbach, W.: Erschließungsgeschichte der Glocknergruppe. Z. d. D. u. Ö. A. V. 59, 1928, S. 98–112
Wendelberger, G.: Vom Kapruner Kraftwerk. In: N. u. L. 40, 1954, S. 200
– Über einige hochalpine Pioniergesellschaften aus der Glockner- u. Muntanitzgruppe in den Hohen Tauern. In: Ver. Bot. C. 42, 2, 1930
– Krimmler Wasserfälle – Gesäuse – Gamsgrube: die Kardinalpunkte des österreichischen Naturschutzes. In: J. d. V. z. Sch. d. Alpenpfl. u. -T. 18, 1953, S. 7–10

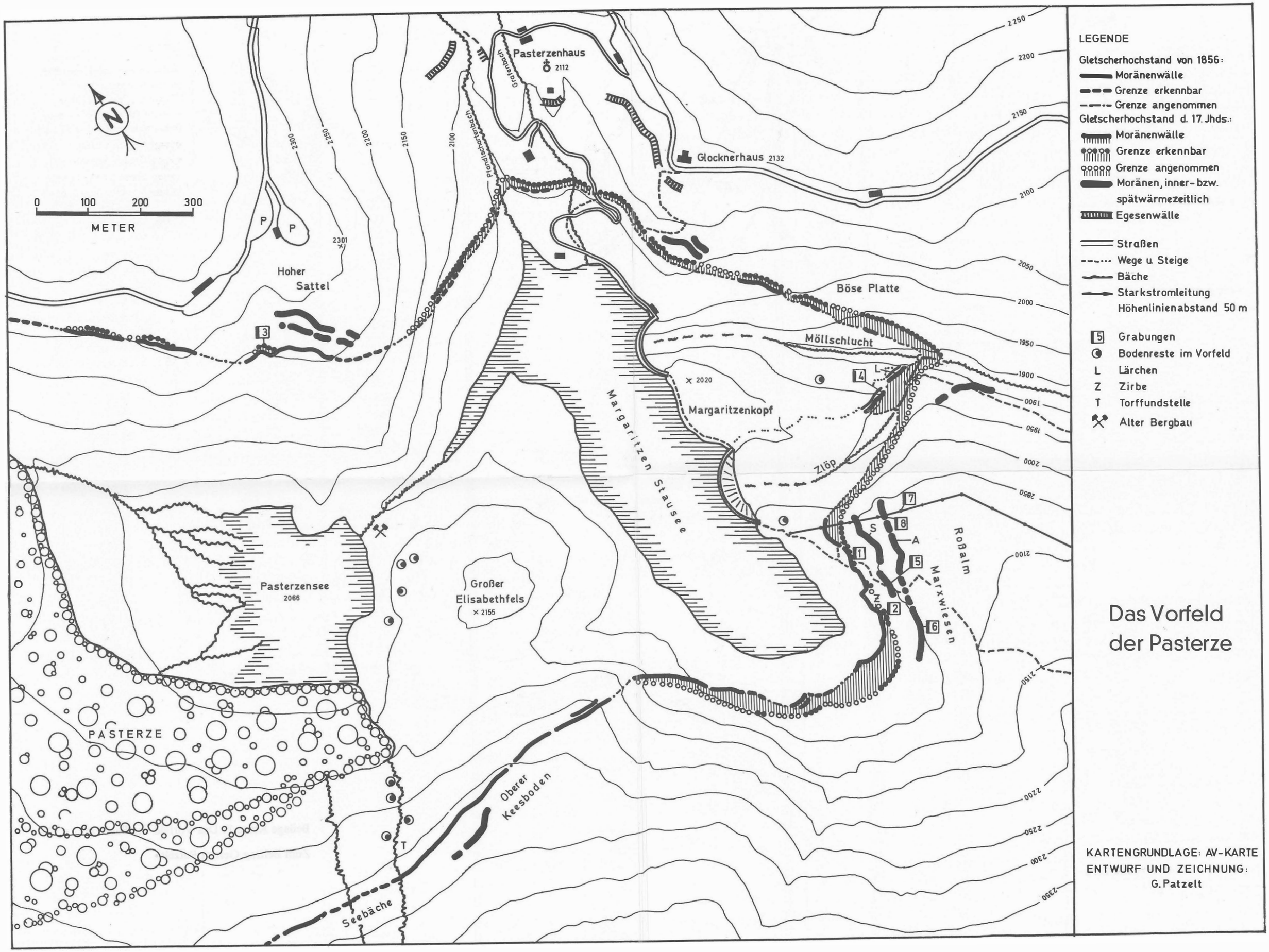
WERNER, F.: Beiträge zur Kenntnis der Pflanzen- u. Tierwelt des Stubachtales. In: Bl. f. Naturkde u. Naturschutz 11, 1924, S. 61–68
– R.: Les Grandes Escalades autrichiennes. In: Alp. 12. 1937, S. 67
WIBMER, A.: Almauftrieb in Kals, Osttiroler Bote Nr. 27, 1952
WICHMANN, H.: Brookit vom Schwarzkopf, Fusch. In: TSCHERMAKS Min. Petr. Mitt. 8, 1887, S. 338–339
WIDDER, F.: Das Ringeln von Bäumen als Weg zur Weidegewinnung. In: Festschr. E. AICHINGER z. 60. Geb. Sonderf. d. Schriftenreihe Angew. Pflanzensoziol. 1954, S. 115–122
WIDDER, W.: Naturschutz im Glocknergebiet. In: M. d. D. u. Ö. A. V. 61, 1935, S. 187–188
WIDMANN, H.: Geschichte Salzburgs. Bd. 1–3, Gotha 1907–1914
– Geschichte des Kärntner Bergbaues. I. Geschichte des Kärntner Edelmetallbergbaues. In: Arch. f. Vaterl. Gesch. u. Topogr. 32, 1950, S. 1–303
WIESSNER, H.: Heiligenblut am Großglockner. Die Geschichte einer Kärntner Berggemeinde. Klagenfurt 1952, 152 S.
WINKLER, A.: Zugspitze u. Großglockner. In: Bayr. H. 19, 1937/38, S. 201
– Über Studien in den inneralpinen Tertiärablagerungen und über deren Beziehung zu den Augensteinfeldern der Nordalpen. Sitzungsber. d. Akademie d. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl. Abt. I, Wien 1928, S. 183–225
WINKLER, H. G. F.: Die Genese der metamorphen Gesteine. 218 S., SPRINGER, Berlin 1965
WINKLER-HERMADEN, A.: Geologisches Kräftespiel und Landformung. Wien 1957
– Diskussionsbemerkung zum Vortrag J. BÜDELS beim Deutschen Geographentag 1957 in Würzburg, Tagungsber. u. wiss. Abh., Wiesbaden 1958, S. 195f.
WINTER, G.: Auf Firngleitern durch die Pallavicinirinne. In: J. d. D. A. V. 90, 1965, S. 87–88 auch in: Bergst. 29, 1961/62, S. 756–758
WIRTHMANN, A.: Die Landformen der Edge-Insel in Südostspitzbergen. Ergebnisse d. Stauferland-Expedition 1959/60, H. 2, Wiesbaden 1964
Winterbegehungen. Erste – (Klockerin-Nordwestwand) In: Bergst. 31, 1963/64, S. 445
Wintererstbegehung der Klockerin-Nordwestwand. In: Bergst. 31, 1963–64, S. 590
Winter-Erstbegehungen steirischer Bergsteiger (Großglockner-Nordwand) In: Bergst. 30, 1962/63, S. 572–573
WÖLLNER, F.: Nachrichten über den vormaligen Gold- u. Silberbergbau in Oberkärnten.
Wohnbevölkerung. Die – Österreichs nach Einkommensquellen u. wirtschaftlicher Zugehörigkeit auf Grund der Volkszählungen der Jahre 1951 u. 1961. Hrsg. v. Österr. Stat. Zentralamt Wien
Wohngemeinde – Arbeitsgemeinde der Beschäftigten in Österreich auf Grund der Volkszählung vom 21. März 1961. Hrsg. v. Österr. Stat. Zentralamt Wien 1965
WOLFF, K. F.: Glocknerstraße u. Ahnenwege. In: Z. d. D. u. Ö. A. V. 71, 1940, S. 170–174
WOPFNER, H.: Beiträge zur Geschichte der alpinen Schwaighöfe. In: Vierteljahresschr. f. Soz. u. Wirtsch. Gesch. 24, 1931
– Die Besiedlung unserer Hochgebirgstäler. In: M. d. D. u. Ö. A. V. 51, 1920, S. 25–86
– Die Entstehung des Tiroler Bauernhauses. Innsbruck 1923
WUTTE, M.: Die Bildung der Gemeinden in Kärnten. In: Car. I, 113, 1923, S. 8
– Zur Geschichte der Rauchstuben. In: Car. I, 121, 1931, S. 57–59
ZAGWIJN, J. H.: Pollenanalytische Untersuchung einer spätglazialen Seeablagerung aus Tirol. In: Geol. en Mijnbow 1952
ZAPPE, J.: Naturschutz im Glocknergebiet. In: Austria-Nachrichten 73, 1935, S. 43–44
ZEPHAROVICH, V. v.: Mineralogisches Lexikon für das Kaiserthum Österreich. I. 1790–1857, Wien 1859, 607 S.; II, 1858–1872, Wien 1873, 436 S.; III. 1874–1891, Wien 1893, 479 S.
ZERNATTO, G.: Bauernhöfe in den Tauern. In: GALLHUBER: Die Hohen Tauern, München 1935, S. 109 bis 128
Zerstörung. Gegen die – der Pasterzenlandschaft. Abwehr u. Warnung. In: M. d. D. u. Ö. A. V. 63, 1937, S. 28–30
ZILLICH, R.: Die Bedeutung unserer Almen für die Aufzucht, Tiroler Bauernzeitung Nr. 18, 1948, S. 4
ZILLNER, F. v.: Der Hausbau im Salzburgischen. In: Mitt. d. Ges. Salzburger Ldk. 33, 1893, S. 147–163; 34, 1894, S. 1–20
ZINGARELLI, I.: Il Großglockner, un gigante domato. In: Ill. It. 63, 1936, No. 27, S. 17
ZINNAUER, W.: Wiederaufbau in Heiligenblut. In: H. R. 19, 1952, S. 21
ZIRKL, E. J.: Alpine Klüfte als geologische Wasserwaagen. In: TSCHERMAKS Min. Petr. Mitt. 3. F. 7, 1961, S. 493–497
– Neues von den Totenköpfen im Stubachtal. In: Der Karinthin 7, 1949, S. 138–140
– Zur Mineralogie des Stubachtales, besonders des Totenkopfes im Pinzgau, Salzburg. In: Aufschluß, Sonderh. 15, 1966, S. 72–80
ZOLLITSCH, B.: Soziologische u. ökologische Untersuchungen auf Kalkschiefern in hochalpinen Gebieten. T. 1: Die Steinschuttgesellschaften der Alpen unter besonderer Berücksichtigung der Gesellschaften auf Kalkschiefern in den mittleren u. östlichen Zentralalpen. In: Ber. Bayr. Bot. Ges. 40, im Druck. T. 2: Die Ökologie der alpinen Kalkschieferschuttgesellschaften. In: J. d. V. z. Sch. d. Alpenpfl. u. -T. 33, 1968, S. 100–120
ZOLLER, H.: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der insubrischen Schweiz. Denkschr. schweiz. naturf. Ges. Bd. 83, Abh. 2, 1960

# WISSENSCHAFTLICHE ALPENVEREINSHEFTE

| | Mitglieds-Preis DM |
|---|---|
| 1. Finsterwalder, Sebastian: Der Vernagtferner. 1897. | 5.00 |
| 2. Blümcke, Adolf und Hans Hess: Untersuchungen am Hintereisferner. 1899. | vergriffen |
| 3. Eckert, Max: Das Gottesackerplateau. 1902. | vergriffen |
| 4. Frech, Fritz: Über den Gebirgsbau der Tiroler Zentralalpen. 1905. | vergriffen |
| 5. Stolz, Otto: Die Schwaighöfe in Tirol. 1930. | 5.00 |
| 6. Reissinger, Adolf: Untersuchungen über den Niedersonthofener See im bayerischen Allgäu. 1930. | 6.00 |
| 7. Trusheim, Ferdinand: Die Mittenwalder Karwendelmulde. 1930. | vergriffen |
| 8. Schmitt, Wilhelm: Föhnerscheinungen und Föhngebiete. 1930. | vergriffen |
| 9. Welzenbach, Willi: Untersuchungen über die Stratigraphie der Schneeablagerungen und die Mechanik der Schneebewegungen. 1930. | vergriffen |
| 10. Kockel, Carl Walter, Max Richter und H. G. Steinmann: Geologie der Bayrischen Berge zwischen Lech und Loisach. 1931. | vergriffen |
| 11. Erhardt, Walter: Der Staufen. 1931. | vergriffen |
| 12. Klebelsberg, Raimund von: Die wissenschaftliche Tätigkeit des Alpenvereins in den Jahren 1935 bis 1945. 1952. | 2.50 |
| 13. Angel, Franz und Rudolf Staber: Gesteinswelt und Bau der Hochalm-Ankogel-Gruppe. 1952. | 10.00 |
| 14. Pesta, Otto: Berggewässer. Naturkundliche Wanderung zur Untersuchung alpiner Tümpel und Seen im Hochgebirge. 1953. | 3.50 |
| 15. Ganß, Ortwin, Friedrich, Kümel und Erich, Spengler: Erläuterungen zur geologischen Karte der Dachsteingruppe. 1954. | 10.00 |
| 16. Friedel, Helmut: Die alpine Vegetation des obersten Mölltales, Hohe Tauern. 1956. | 60.00 |
| 17. Kinzl, Hans: Begleitworte zur Karte 1:100000 der Cordillera Blanca, Peru, Südteil. 1964. | 10.00 |
| 18. Schmidt-Thomé, Paul: Das Hölloch bei Riezlern im Kleinen Walsertal, Allgäu/Vorarlberg. 1961. | 14.00 |
| 19. Kosmath, Ernst: Sicherung und Sicherheit in Fels und Eis. Die Seilsicherungskette. 1966. | 25.00 |
| 20. Heuberger, Helmut: Gletschergeschichtliche Untersuchungen in den Zentralalpen zwischen Sellrain- und Ötztal. 1966. | 25.00 |
| 21. Neue Forschungen im Umkreis der Glocknergruppe. 1969. | Broschiert 18.00<br>Leinen 20.00 |

# GLOCKNERGRUPPE


Beilwiesseck
Planitzer
Hinterer Planitzer
Lärchenschneid
Geisstein
Hotel Kesselfall-Alpenhaus
Kreefelder Hütte
Kesselfallferner
Kalberhalferkopf
Messerfeldkopf
Gleiwitzer Hütte
Fusch
Fuscherbach
Grossglockner
Kringstuhl
Hinterer Schmiedinger
Vorderer Schmiedinger
Hoher Schmiedinger
Grosser Schmiedinger
Hasenau
Feualm
Rauriser Tauernhaus
Rauriser Tauernbach
Rauriser Tauernkees
Rauriser Tauernhöhe
Rauriser Tauernhöhenstrasse
Rauriser Tauernhöhenstrasse
Rauriser Tauernhöhenstrasse




LEGENDE

Gletscherhochstand von 1856:
- Moränenwälle
- Grenze erkennbar
- Grenze angenommen

Gletscherhochstand d. 17. Jhds.:
- Moränenwälle
- Grenze erkennbar
- Grenze angenommen

Moränen, inner- bzw. spätwärmezeitlich

Egesenwälle

Straßen

Wege u. Steige

Bäche

Starkstromleitung

Höhenlinienabstand 50 m

5 Grabungen

Bodenreste im Vorfeld

L Lärchen

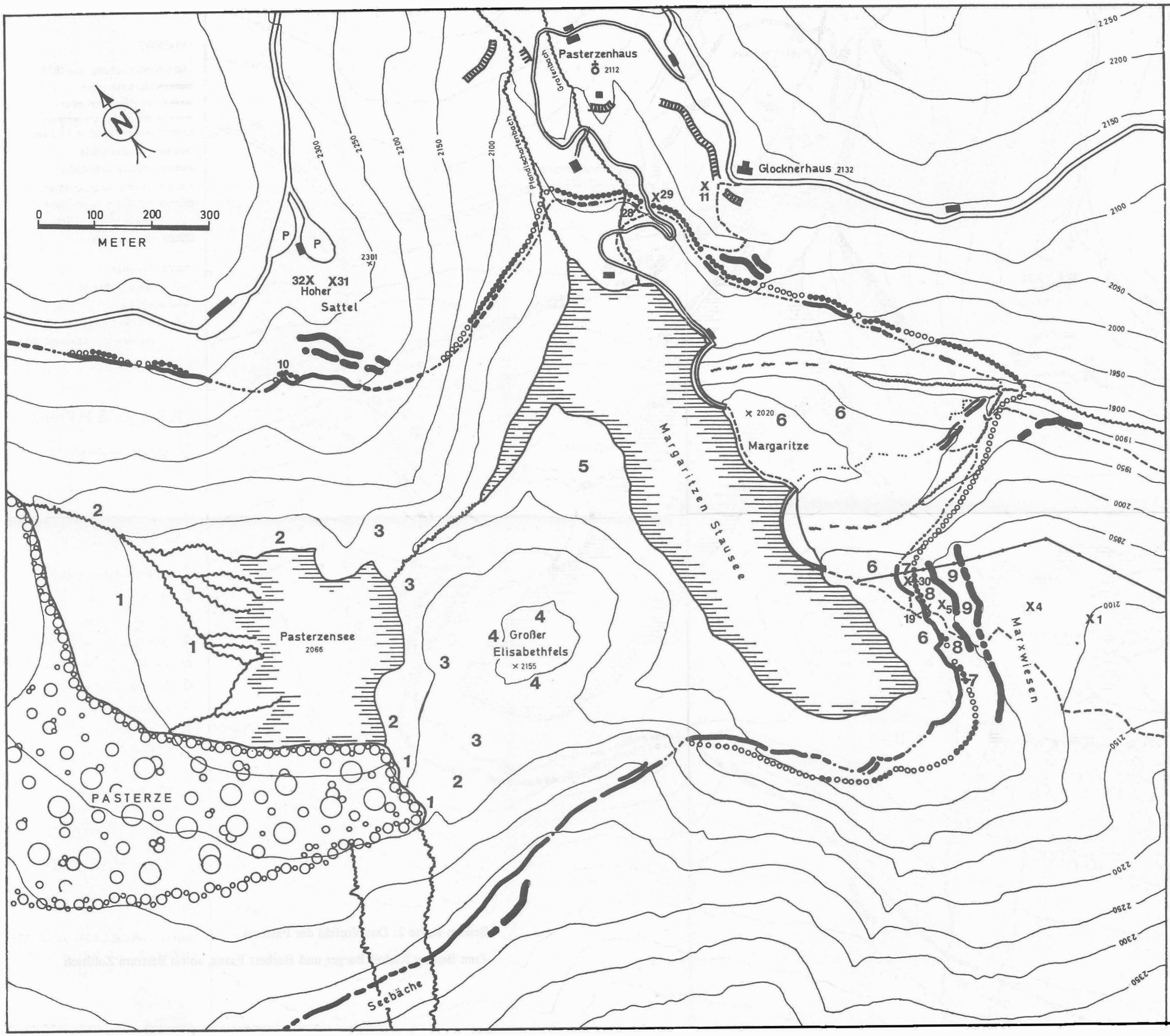
Z Zirbe

T Torffundstelle

Alter Bergbau

# Das Vorfeld der Pasterze

KARTENGRUNDLAGE: AV-KARTE
ENTWURF UND ZEICHNUNG:
G. Patzelt




LEGENDE

Gletscherhochstand von 1856:
- Moränenwälle
- Grenze erkennbar
- Grenze angenommen

Gletscherhochstand d. 17. Jhds.:
- Moränenwälle
- Grenze erkennbar
- Grenze angenommen
- Moränen, inner- bzw. spätwärmezeitlich
- Egesenwälle

- Straßen
- Wege u. Steige
- Bäche
- Starkstromleitung

Höhenlinienabstand 50 m

zu **R. Burger & H. Franz:**

x **Bodenprofil** Nr.

zu **B. Zollitsch:**

| | | |
|---|---|---|
| 1 | < 5 | Jahre eisfrei |
| 2 | 5 10 | ,, |
| 3 | 12 30 | ,, |
| 4 | 35 45 | ,, |
| 5 | ca 80 | ,, |
| 6 | 85–100 | ,, |
| 7 | ca 350 | ,, |
| 8 | ca3400 | ,, |
| 9 | ca7500 | ,, |

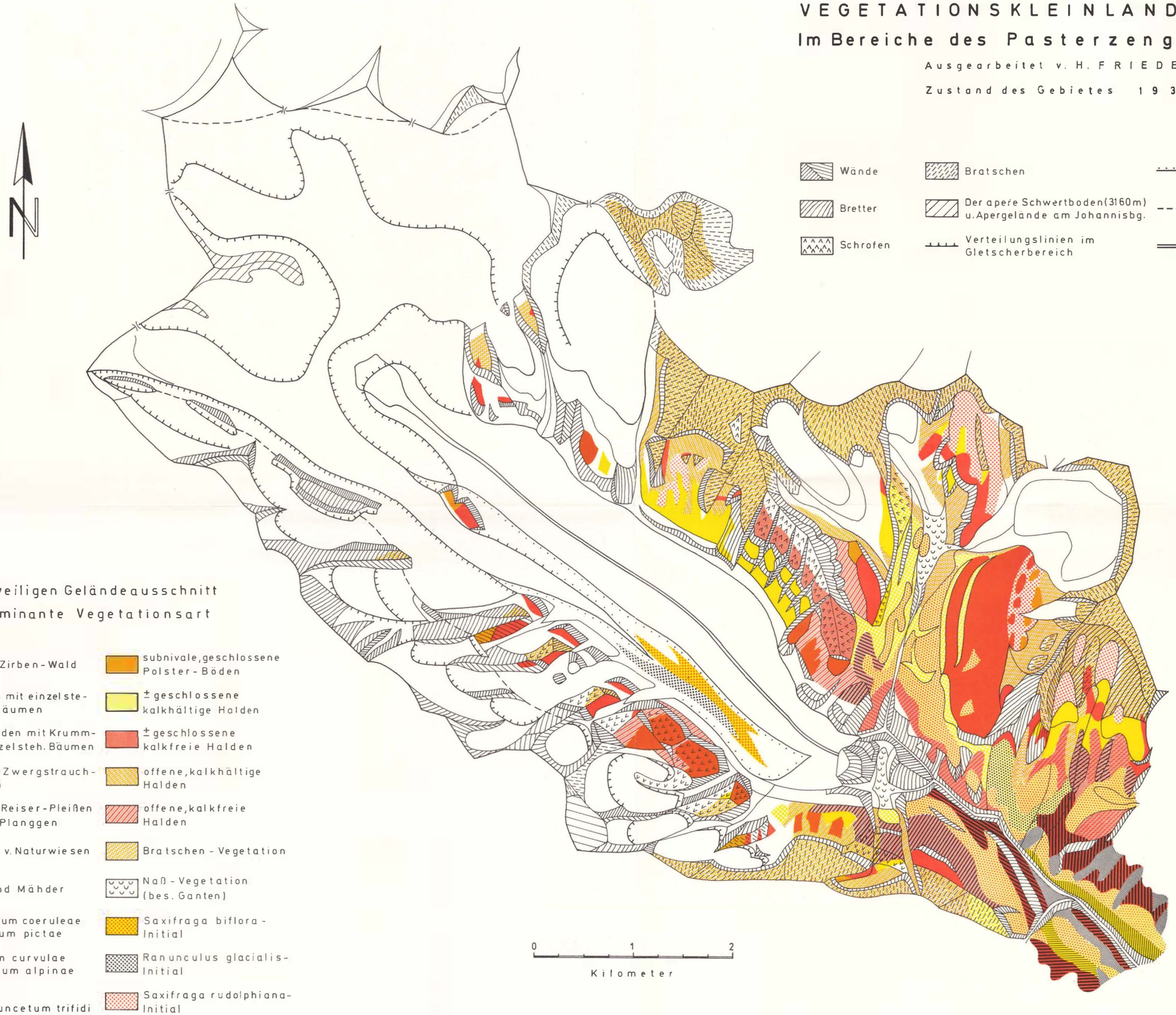
# Das Vorfeld der Pasterze

KARTENGRUNDLAGE: AV-KARTE
ENTWURF UND ZEICHNUNG:
G. Patzelt

# VEGETATIONSKLEINLANDSCHAFTEN
## Im Bereiche des Pasterzengletschers

Ausgearbeitet v. H. FRIEDEL

Zustand des Gebietes 1934




LEITNER 68

# Legende zum Panorama von der Edelweissspitze der Großglockner Hochalpenstraße

## BEDECKUNG


HANGSCHUTT und SCHUTTKEGEL, MORÄNEN
(nur auf W-Hälfte ausgeschieden)


BERGSTURZ, SACKUNGSMASSEN

## HOHE TAUERN, PENNIN


SERPENTIN


PRASINITE, GRANATFÜHRENDE PRASINITE


KALKGLIMMERSCHIEFER, PHYLL. KGL.


GRANATMUSKOVITSCHIEFER


BÜNDNERSCHIEFER I. A.


BÜNDNERSCHIEFERGNEISE


bQUARZITE, BRECCIEN b


DUNKLE PHYLLITE, KARBONATARM

BÜNDNER SCHIEFER


QUARTENSCHIEFER, KEUPER


DOLOMIT-RAUHWACKE
(nur auf W-Hälfte ausgeschieden)


KALKMARMOR

karbonatische Mitteltrias


WUSTKOGELSERIE, PERMOSKYTH


VORMESOZ. SCHIEFERHÜLLE


ZENTRALGNEIS

## OSTALPIN


NÖRDLICHE KALKALPEN


GRAUWACKENZONE


ALTKRISTALLIN d. SCHOBERGRUPPE

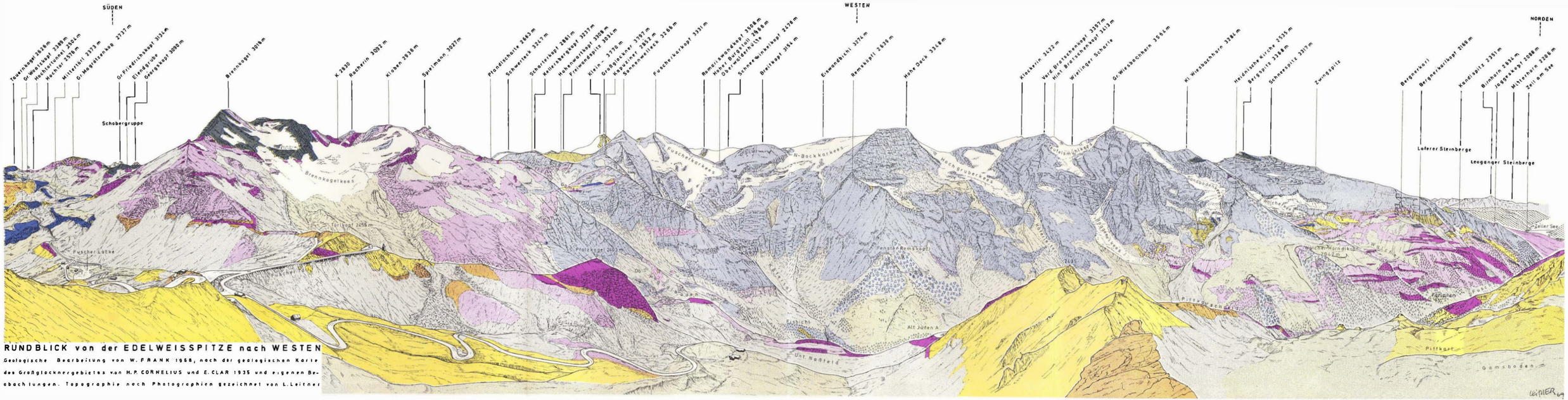
Halber Rundblick von NORDEN über OSTEN nach SÜDEN. Nach eigenen Photographien und hauptsächlich nach eigenen geologischen Aufnahmen gezeichnet von G. FRASL 1968

Hintergrund von der Ankogelgruppe zum Hochharn, sowie Sandkopf nach Publikationen von CH. E. KNER; Linker Hang des Fuscher-Tales nach der Karte des Großglocknergebietes von H. P. CORNELIUS und E. CLAR

NORDEN — OSTEN — SÜDEN

Reiter Alpe — Berchtesgadner Alpen — Steinernes Meer — Gamsfeldgruppe — Goseukamm — Dachsteingruppe — Ausläufer d. Tennengebirges — Ankogelgruppe

Birnhorn 2634 m
Geiereck 2712 m
Hilterhorn 2306 m
Zell am See
Kammerlinghorn 2466 m
Hochseis Sp. 2523 m
Hohes Kasten 1857 m
Schwalbenwand 2301 m
Hochkeilter 2607 m
Gr. Wetzmann 2714 m
Durchschlagkopf 2680 m
Schwarzkopf 2764 m
Baumgartlkopf 2621 m
Hirtkogelkopf AV Karte
P 2632 m
Königstuhl-Horn 2696 m
Kordlkopf 2687 m
Totes Gebirge
Birnkogel (bei Radstadt) 2323 m
Bischofsmütze 2458 m
Kendlkopf-Spitze P 2372 m
Tor-Eck 2524 m
Dachstein 2995 m
Koppenkarstein 2865 m
Kitzsteinhorn 3203 m
Gletscherkarspitze 3033 m
Großvenediger 3674 m
Grimming 2351 m
Edelweißspitze 2743 m
Seekar
Bockkarkopf 2625 m
Becker
P 2726 m
Falkenkopf
Hühnerkogel
Tote Scharte
Peilenkar
P 2671 m
Schellenberg
Schneeberg
Schneehorn
Schneeloch
Schneeloch-Kar
Schneeloch-Kar
Schneeloch-Kar




**RUNDBLICK von der EDELWEISSSPITZE nach WESTEN**

*Geologische Bearbeitung von W. FRANK 1958, nach der geologischen Karte des Großglocknergebietes von H.P. CORNELIUS und E. CLAR 1935 und eigenen Beobachtungen. Topographie nach Photographien gezeichnet von L. Leitner*