

ZUR SPÄTGLAZIALEN GLETSCHER- UND BLOCKGLETSCHERGE- SCHICHTE IM VERGLEICH ZWISCHEN DEN HOHEN UND NIEDEREN TAUERN

Gerhard Karl LIEB, Graz*

INHALT

1.	Einleitung und Problemstellung	5
2.	Die landschaftliche Relevanz des Spätglazials	6
3.	Zur methodischen Problematik	8
3.1.	Die Kartierung von Moränen und Blockgletschern	8
3.2.	Die Gletscherrekonstruktion und die Schneegrenzbestimmung	11
3.3.	Die Bestimmung von Bezugsniveaus für Schneegrenz- und Permafrostdepressionen	12
4.	Die konkrete Situation in zwei Beispielsgebieten	14
4.1.	Die östliche Schobergruppe	14
4.2.	Die südöstlichen Schladminger Tauern	17
5.	Die spätglaziale Gletscher- und Blockgletschergeschichte im Überblick	20
5.1.	Neu zu berücksichtigende Ergebnisse	20
5.2.	Der Ablauf in den Hohen Tauern	21
5.3.	Der Ablauf in den Niederen Tauern	22
6.	Zusammenfassung	24
7.	Literaturverzeichnis	25
8.	Summary	27

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Unter Spätglazial versteht man den Zeitabschnitt zwischen dem zeitlich noch nicht genau erfaßten Beginn des Abschmelzens des würmzeitlichen Eisstromnetzes und dem Erreichen neuzeitlicher Gletscherdimensionen an der mit 10 000 Jahren vor heute recht exakt datierten Wende zum Postglazial (PATZELT 1980, S. 13, MAISCH 1982, S. 93).

* Univ.-Ass. Mag. Dr. Gerhard Karl Lieb, Institut für Geographie der Karl-Franzens-Universität Graz, 8010 Graz, Universitätsplatz 2/II

Entsprechend war diese Periode von einem generellen Zurückweichen der Gletscher gekennzeichnet, das aber durch mehrere Wiedervorstöße mit immer kleiner werdender Reichweite unterbrochen wurde. Das Gletscherverhalten spiegelt somit die generelle Erwärmung nach dem letzten Höhepunkt der Würmkaltzeit bzw. die darin eingelagerten Schwankungen (Stadien) wider. Diese Oszillationen zu erfassen und regional zu parallelisieren, war eine wesentliche Zielsetzung der glazialmorphologischen und paläoklimatologischen Forschung seit A. PENCK und E. BRÜCKNER (1909). Ohne hier im einzelnen auf die sehr komplizierte und facettenreiche Entwicklung des Kenntnisstandes einzugehen, sei nur die Arbeit von F. MAYR und H. HEUBERGER (1968) hervorgehoben, die als Grundstein der modernen Spätglazialforschung zu werten ist. Wesentlichste Kernpunkte des heutigen Wissensstandes sind eine einheitliche Methodik und die Stadiengliederung Bühl - Steinach - Gschnitz - Senders - Daun - Egese als Grundgerüst, worüber später noch ausführlich referiert wird.

Aus der Vielfalt der spätglazialen Morphodynamik werden in dieser Arbeit die für hochalpine Räume entscheidend wichtigen Agenzien Gletscher und Permafrost herausgegriffen, die Moränen und Blockgletscher als gut faßbare und mit den genannten Stadien parallelisierbare Formen geschaffen haben. Während diesbezüglich vor allem die Nordtiroler Zentralalpen und die Schweizer Alpen erforscht sind, ist über die Alpen östlich des Brenner bislang nur wenig bekannt: Zwar sind die Moränen im überwiegenden Teil zumindest der Zentralalpen kartiert, doch ermangelt es meist sowohl an deren Interpretation nach dem jüngsten Wissensstand als auch an der Einbeziehung des Blockgletscherphänomens.

Die Hohen und Niederen Tauern habe ich bei meiner mehrjährigen Beschäftigung mit Fragen der Gletscher- und Blockgletschergeschichte recht gut kennengelernt, woraus die Anregung erwuchs, diese beiden bei aller Verschiedenheit in den physiogeographischen Grundstrukturen doch verwandten und benachbarten Gebirgszüge als Repräsentanten dieses östlichen Teiles der Ostalpen zu vergleichen. In diesem Sinne wird hier ein erster Versuch unternommen, nicht nur Aussagen über eng begrenzte, kleinräumige Untersuchungsgebiete zu tätigen, sondern sich dem Ziel "synoptischer Darstellungen paläogeographischer Vergletscherungssituationen für größere Teilräume des Alpengebietes" (MAISCH in FURRER et al. 1987, S. 63) zu nähern. Obwohl es sich hierbei vorläufig nur um einen ersten Versuch handeln kann, sollte es doch möglich sein, für jedes einzelne Spätglazialstadium die Grundzüge der Verbreitung von Gletschern und der Blockgletscheraktivität herauszuarbeiten.

2. DIE LANDSCHAFTLICHE RELEVANZ DES SPÄTGLAZIALS

Als Zeitraum maximaler Morphodynamik brachte das Spätglazial in seinen älteren Abschnitten den alpinen Haupttälern und in seinen jüngeren Abschnitten den Seitentälern und Hochzonen eine nachhaltige und vielerorts letzte Gestaltung (PATZELT 1980, S. 15). Neben den glazialen Vorgängen selbst waren es besonders die periglazialen, welche beim allmählichen Temperaturanstieg im Spätglazial in den zumeist nur kurzen

Zeiträumen zwischen dem Eisfreiwerden des jeweiligen Gebietes und dem Wiedereinzug der Vegetation hochaktiv waren.

Die Vielzahl der hier geschaffenen oder zumindest weitergebildeten Formen haben H. PASCHINGER (1957), G. PATZELT (1975) und D.v.HUSEN (1981) zusammengefaßt; für den in dieser Arbeit im Mittelpunkt stehenden hochalpinen Raum sind vor allem die Übertiefung von Talabschnitten in den inneralpinen Seitentälern und die Ausgestaltung der Kare durch die spätglazialen Gletscher sowie von den zugehörigen Akkumulationsformen insbesondere die Moränen von Bedeutung. Charakteristisch ist hierbei, daß alle geschaffenen Formen sich umso frischer und "jugendlicher" präsentieren, je später sich die Gletscher endgültig aus dem betreffenden Gebiet zurückzogen (FABIANI 1969, S. 93). Auch die Landschaftsgestaltung außerhalb der Gletscher war sehr vielfältig: Hier reicht die Palette von den verschiedenen Instabilitäterscheinungen an durch glaziale Unterschneidung verstreuten Hängen (Bergstürze, Talzuschübe) über die Bildung mächtiger Hangschuttverkleidungen bis zur raschen Verlandung von Zungenbecken.

Eine besonders wesentliche, an die subnivale Höhenstufe im jeweiligen Spätglazialstadium gebundene Form waren in den Hochzonen der Hohen und Niederen Tauern die Blockgletscher: Bei diesen erst seit der grundlegenden Arbeit von D. BARSCH (1969) systematisch erforschten Periglazialerscheinungen handelt es sich um Kriechphänomene im Permafrost, die sich unter bestimmten Voraussetzungen hinsichtlich Klima, Substrat und Topographie einstellen. Charakteristisch für Blockgletscher ist ihre unverwechselbare Form, die auch dann noch den fließenden Habitus nachzeichnet, wenn der Permafrost längst ausgeschmolzen ist, wie dies für die fossilen Blockgletscher aus dem Spätglazial ja zutrifft (etwas genauer hierzu Kap. 3.1.).

Was die herausragende Bedeutung des Spätglazials für die Landschaftsgestaltung durch diese hiermit nur streiflichtartig angesprochenen Prozesse betrifft, ist festzuhalten, daß gerade in inneralpinen Bereichen weder das vorangegangene Hochglazial noch das nachfolgende Postglazial vergleichbare Morphodynamik zeigten: Während der kaltzeitlichen Gletschermaximalausdehnungen muß im Alpeninneren, also im Akkumulationsgebiet des Eisstromnetzes, auch mit formenkonservierender Wirkung der dem Relief weitgehend übergeordneten Vergletscherung gerechnet werden. Entsprechend ergab sich erst an bzw. unterhalb der Schneegrenze¹⁾, also im alpenrandnäheren Ablationsgebiet, eine maximale formenbildende Wirkung dieser Gletscher durch die bekannten glazialen Vorgänge (HUSEN 1981, S. 199). Andererseits herrschen seit Beginn des Postglazials Klimaverhältnisse, die von den heutigen nur mit geringen Amplituden abweichen (nach PATZELT 1977, S. 256, und 1980, S. 16, betrug die Amplitude etwa bei den Sommertemperaturen nur rund 1,6° im Sinne zehnjährig übergreifender Mittelbildung). Hiermit schwankten auch die Höhengrenzen nur um geringe Beträge, weshalb sich so wie heute die morphologisch hochaktive subnivale und nivale Höhenstufe auf die höchsten Gebirgsbereiche beschränkte. Somit konnte sich in dem weiten Bereich zwischen den kaltzeitlichen Zungenbecken einerseits und den über der postgla-

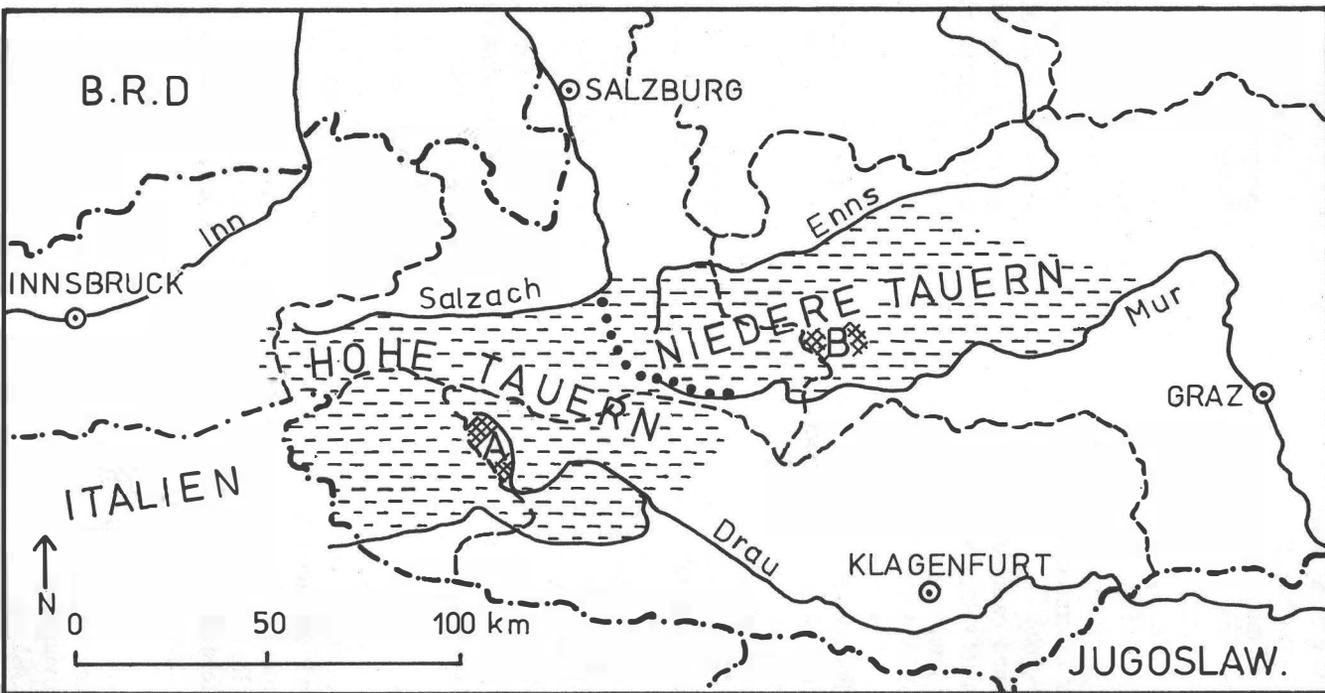
zialen Waldgrenzschwankung gelegenen Hochgebirgsgebieten andererseits ein spezifischer, sowohl räumlich als auch physiognomisch meist klar von den älteren und jüngeren Bildungen unterscheidbarer "spätglazialer Formenkomplex" (PASCHINGER 1957, S. 137) als charakteristisches Element inneralpiner Landschaften entwickeln.

Angesichts des hohen Stellenwertes spätglazialer Vorgänge in der Landschaftsgenese ist eine gute Kenntnis dieser Zeitspanne nicht nur von rein wissenschaftlichem, sondern auch von gewissem öffentlichen Interesse: Gerade in den schon realisierten oder geplanten Nationalparks des Untersuchungsraumes liegt auch eine Bildungsfunktion, die es erstrebenswert erscheinen läßt, für die Landschaftsbilder hoher szenischer Qualität, wie sie den spätglazial gestalteten Bereichen durchwegs zu eigen sind, auch ein tieferes Verständnis beim Besucher zu fördern. Hierzu kommt auch eine zunehmende praktische Bedeutung der spätglazialen Lockermaterialakkumulationen, namentlich für Fragen der Trinkwasserversorgung. Hierbei werden in jüngster Zeit nicht nur die Seen und Grundwasservorkommen in Schotterkörpern übertiefter Talabschnitte, sondern zunehmend auch die Schuttmassen jeglicher Entstehungsart in den hochgelegenen Karräumen in Betracht gezogen. In der Steiermark beispielsweise werden derzeit zur Abschätzung von Trinkwasserreserven in hochalpinen Räumen im Rahmen eines Projektes von Seiten der Landesregierung Quellenaufnahmen in Teilgebieten der Niederen Tauern durchgeführt. Diese haben in ihrem bisherigen Verlauf gerade den spätglazialen Moränen und Blockgletschern eine herausragende Stellung als Wasserspeichermedien bescheinigt (UNTERSWEIG 1988, mündliche Mitteilung).

3. ZUR METHODISCHEN PROBLEMATIK

3.1. Die Kartierung von Moränen und Blockgletschern

Für das untersuchte Gebiet, das den mir genauer bekannten Teil der Zentralalpen zwischen der Venedigergruppe und den Seckauer Tauern umfaßt (siehe Abb. 1), kann generell ein großer Reichtum an Moränen verschiedensten Alters als charakteristisch gelten. Ausnahmen hierbei bilden zum einen Gebiete, deren Gesteinsbestand der Erhaltung von Moränen ungünstig ist - wobei sowohl die im Gesteinscharakter begründete Korngröße des abgelagerten Materials als auch die Verwitterungs- und Abtragungsfähigkeit des unterlagernden Gesteins (vgl. PASCHINGER 1957, S. 137 f.) eine Rolle spielen. Die aus metamorphen Karbonatgesteinen und Phylliten aufgebauten Teile des unterostalpinen und penninischen Deckenstockwerkes in den Radstädter und Hohen Tauern sind eher arm an Moränen. Dies gilt weniger für Grundmoränen und Moränenstreu, sondern viel stärker für wallförmige End- und Ufermoränen, welche aber für die angestrebte Rekonstruktion der stadialen Gletscher von Interesse sind (vgl. Kap. 3.2.). Moränenarm sind zum anderen jene Gebirgsgruppen, die sich wegen starker Hebung (zentrale Schladminger Tauern) und/oder bedeutender Nähe zu den regionalen Erosionsbasen (Reißeckgruppe, östliche Schobergruppe) durch besonders hohe Reliefenergien auszeichnen; die in diesen Gebieten auch noch rezent starke Abtragung ließ die Erhaltung von Moränenwällen nicht zu oder führte zu deren Überlagerung mit Schutt.



— Flußlauf - - - - Grenze zwischen Bundesländern - · - · - Staatsgrenze ▨ ▨ ▨ ▨ Untersuchungsraum
▨ ▨ ▨ ▨ Beispielsgebiete A = Östliche Schobergruppe (Abb. 2) B = Südöstliche Schladminger Tauern (Abb. 3)

Abb. 1: Die Lage der Hohen und Niederen Tauern und der beiden Beispielsgebiete

Die im Spätglazial gebildeten Blockgletscher liegen heute als fossile Formen vor, d.h. sie enthalten im Gegensatz zu den aktiven und inaktiven Blockgletschern kein Eis und gehören somit nicht mehr dem Bereich des diskontinuierlichen alpinen Permafrosts an, wie es ja der Erwärmung und der damit verbundenen Anhebung der Höhengrenzen vom Spät- zum Postglazial entspricht. Die fossilen Blockgletscher sind nicht so generell verbreitet wie die Moränen, was vornehmlich in zwei Sachverhalten begründet liegt: Zum einen sind Blockgletscher häufig an Gesteine gebunden, die bei physikalischer Verwitterung grobblockig zerfallen (diese Voraussetzung erfüllen vor allem viele Bauelemente der Tauernschieferhülle nicht). Zum anderen - und dieser Punkt ist noch wichtiger als der erste - setzt die Bildung von Blockgletschern spezielle klimatische Gegebenheiten, und zwar strahlungsreiche und niederschlagsarme, also kontinental getönte Verhältnisse voraus, wobei aber für die Grundtatsachen der Blockgletscherentstehung und -verbreitung im einzelnen auf die Arbeiten von D. BARSCH (1969 und 1983), P. HÖLLERMANN (1983) und W. HAEBERLI (1985) verwiesen werden muß. Hinzu kommt auch hier eine gewisse Bedeutung der Topographie, denn Blockgletscher brauchen schuttliefernde Einzugsgebiete und flachere Geländepartien zu ihrer Entfaltung. Hieraus erwächst eine starke Konzentration der Blockgletscher auf den Bereich des Tauernhauptkammes und besonders auf die südlich vorgelagerten Kämme, während die nördlichen Seitenkämme arm an Blockgletschern, vielfach sogar frei davon sind. In den Hohen Tauern decken sich die Verbreitungsgebiete der fossilen Blockgletscher grob mit denen der aktiven und inaktiven, wobei sich deutliche Konzentrationen im Gebiet der Hafner- und südlichen Ankogelgruppe, der Schobergruppe und der Deferegger Alpen zeigen (vgl. auch HÖLLERMANN 1983, Fig. 1). Dies weist darauf hin, daß im Spätglazial die Verteilung kontinentaler und maritimer Klimatönung nicht grundsätzlich verschieden von der heutigen war. In den Gebieten geringerer absoluter Höhe wie etwa in der Kreuzeck- oder Sadniggruppe sowie in den Niederen Tauern fehlen zwar aktive Blockgletscher, doch treten fossile Formen in großer Zahl auf, d.h. das Blockgletscherphänomen war im Spätglazial weiter verbreitet als heute.

Die Kartierung von Moränen braucht an dieser Stelle nicht näher erläutert zu werden; angesichts des großen Reichtums an entsprechenden Formen ist die Kartierung - sieht man von oft schwierigen Geländebedingungen ab - der am wenigsten problematische Vorgang bei der Bearbeitung des Spätglazials. Lediglich solifluidal stark überprägte und daher undeutliche Wälle sowie solche namentlich in tieferen Lagen, die sich als unter mächtiger Bodenbildung verborgene Rippen im Anstehenden erweisen können, sollten im Zweifelsfall ausgeschieden werden, um das Bild des Vergletscherungsganges nicht zu verfälschen.

Die Kartierung von Blockgletschern darf in keinem Fall ohne Beziehung von Luftbildern erfolgen, denn die typischen Fließstrukturen an der Oberfläche sind bei Blockgletschern aller Aktivitätsgrade häufig im Luftbild besser als im Gelände zu erkennen, wodurch Verwechslungen mit reich reliefierten Moränenlandschaften vermieden werden können. Die Physiognomie fossiler Blockgletscher unterscheidet sich bekanntlich von den aktiven Formen durch die nach Ausschmelzen des Eisgehaltes stärker akzen-

tuerte Oberfläche bei gleichzeitiger Abflachung der Randböschungen, die Anreicherung grober Komponenten nach Auswaschung des Feinmaterials und die Vegetationsbedeckung unterschiedlicher Art, wobei besonders *Pinus mugo* für die fossilen Blockgletscher der Niederen Tauern typisch ist. Im Gebiet der heutigen Waldgrenze und der Grasheidestufe stellen fossile Blockgletscher hiermit besonders auffallende Erscheinungen dar und wurden in den Tauern daher schon viel früher als die aktiven beachtet, aber stets als Moränen mißdeutet. Aus diesem Grund ist - wie ich dies an einem Beispiel der östlichen Schobergruppe schon gezeigt habe (LIEB 1986, S. 128) - in jedem einzelnen Fall eine Prüfung notwendig, ob die in den früheren Arbeiten beschriebenen Moränenstufen nicht fossile Blockgletscher sind (vgl. Kap. 4.2.). Für die Hohen Tauern gibt es als besondere gute Quelle für die Erfassung von Blockgletschern die "Luftbildkarte Nationalpark Hohe Tauern" 1: 10 000, ein Kartenwerk aus Farbinfrarot-Orthophotos (KATZMANN et al. 1987), die sogar das Erkennen des Aktivitätsgrades mit sehr großer Sicherheit erlaubt. Eine vollständige Erfassung aller Blockgletscher der Hohen Tauern auf dieser Basis ist in Arbeit (LIEB, in Vorber.). Hingewiesen sei hier auch auf den Umstand, daß den Blockgletschern bislang in der Kartographie kaum Augenmerk geschenkt wurde (mit Ausnahme der AV-Karte 1: 25 000 Blatt 44 Hochalmspitze-Ankogel mit Geländedarstellung von BRANDSTÄTTER), weshalb diese großartigen Phänomene der Hochgebirgslandschaft in den Karten unterrepräsentiert sind.

3.2. Die Gletscherrekonstruktion und die Schneegrenzbestimmung

Für die Durchführung der heute üblichen Schneegrenzbestimmung nach der Flächen teilungsmethode: Nährgebiet (S_n) : Zehrgebiet (S_z) = 2:1 (G. GROSS et al. 1977) ist die Rekonstruktion der zugehörigen Gletscher, und zwar nicht nur ihrer Umrisse, sondern auch der 100 m-Isohypsen der Gletscheroberflächen, Voraussetzung. Bei schlechtem Erhaltungszustand der Moränen können die Gletscher nur ungenau oder im Einzelfall gar nicht rekonstruiert werden: Bei Talgletschern ist oft schwierig zu entscheiden, aus welchen Firnbecken sie Zufluß erhielten und aus welchen nicht, bei kleinen Kargletschern gewinnen die immer unvermeidbaren Rekonstruktionsfehler flächenmäßig an Gewicht. Beim häufigen Fehlen von Endmoränen ist die Ermittlung von Gletscheruntergrenzen oft schwierig, wobei die von H. KERSCHNER (1979) erfolgreich angewandte rechnerische Zungenlängsprofilrekonstruktion in der Praxis vielfach daran scheitert, daß die zur sinnvollen Abschätzung der zugrundeliegenden Daten notwendigen Seitenmoränen fehlen und das ehemalige Gletscherbett durch Talstufen kein ausgeglichenes Längsprofil aufweist. Dennoch sollte die Problematik - abgesehen von Einzelsituationen - nicht überschätzt werden, denn zahlreiche Anwendungsbeispiele haben gezeigt, daß bei einiger Erfahrung die Geländeverhältnisse recht gut die ehemaligen Gletscherumrisse vorgeben und die Topographie der Gletscheroberfläche durch das Zeichnen von Profilen recht plausibel abgeleitet werden kann.

Die Bestimmung der Schneegrenze nach der Methode $S_n : S_z = 2:1$ über die hypsographischen Kurven ist bei einer großen Zahl von Einzelgletschern recht arbeitsintensiv,

und bei unsicheren Gletscherrekonstruktionen stellt sich dem Bearbeiter mitunter die Frage nach der Sinnhaftigkeit eines solchen Aufwandes. In der älteren Literatur wurde fast ausschließlich die Methode von HÖFER angewandt, welche bei G. GROSS et al. (1977, S. 236) als auf einem Zirkelschluß beruhend zu Recht scharf kritisiert wurde. Die mit dieser Methode gewonnenen Schneegrenzwerte sind absolut nicht mit denen nach $S_c : S_a = 2:1$ vergleichbar, doch dürften unter der vereinfachenden Annahme gleicher Fehler doch wenigstens die Differenzen der Schneegrenzhöhen eines bestimmten Untersuchungsgebietes als weitestgehend richtig angesehen werden können - basierend auf einer ähnlichen Überlegung hat auch R. FRAEDRICH (1979, S. 28) die Schneegrenzdifferenz verschiedener Gletscherstände mit gleichem Einzugsgebiet nach einer einfachen Formel berechnet -, sodaß wenigstens über diese Relativdaten regionale Vergleiche möglich werden. Die ausgezeichnete Schneegrenzbestimmungsmethode nach LICHTENECKER ist leider nur selten einsetzbar, wie die Erfahrung zeigt und auch H. KERSCHNER (1978, S. 31) betont.

Freilich ist man aber mit der Methode 2 : 1 nicht aller Probleme enthoben, denn schon bei G. GROSS et al. (1977, S. 231) wird darauf hingewiesen, daß die realen Flächenteilungsverhältnisse ganz andere sein können. Dies konnte von mir beispielsweise an den stark dem Relief untergeordneten Gletschern der östlichen Schobergruppe mit Ober- und Seitenmoränenansätzen gezeigt werden, und zwar sowohl für den Stand von 1983, als auch für den Hochstand von 1850, für den sich etwa im Mittel aller Gletscher ein Verhältnis $S_c : S_a = 1,2 : 1$ wegen der großen Bedeutung von Lawinen für die Gletschernährung ergibt (LIEB 1987, S. 174 ff.). Solche Gegebenheiten sind selbstverständlich an spätglazialen Gletschern in ähnlicher Weise zu erwarten und entsprechende Verfälschungen der Schneegrenzwerte ins Kalkül zu ziehen, weshalb auch neuerdings von einer allzu schematischen Anwendung des 2 : 1-Verhältnisses abgegangen wird (FURRER et al. 1987, S. 70. Ob freilich ein flexibler Einsatz von Teilungen zwischen 1,5 : 1 und 2,5 : 1, der letztlich doch wieder nur fiktiv erfolgen muß, einen wesentlichen methodischen Fortschritt bringt, sei dahingestellt).

Demgegenüber gibt es bei den fossilen Blockgletschern keine Schwierigkeiten: Die Formen sind grundsätzlich vollständig erhalten und die Permafrostuntergrenze problemlos zu ermitteln: Normalerweise nimmt man die Höhenlage des Unterrandes der Blockgletscherstirn, die der Mindestreichweite des diskontinuierlichen Permafrostes im jeweiligen Stadium entspricht.

3.3. Die Bestimmung von Bezugsniveaus für Schneegrenz- und Permafrostdepressionen

Da die absolute Höhe früherer Schneegrenzen oder Permafrostuntergrenzen keinen überregionalen Vergleich ermöglicht, ist deren Bezug auf ein bestimmtes Niveau mit Depressionswerten notwendig. Bei Schneegrenzen wird hierfür das "Bezugsniveau" als besondere Form des gewichteten Mittels der Schneegrenzen von 1850 verwendet, so wie dies H. KERSCHNER (1978) sehr ausführlich demonstriert hat. Depressionen

von Permafrostuntergrenzen werden auf die heutige Permafrostuntergrenze bezogen, welche durch die Untergrenze der aktiven Blockgletscher markiert ist. Deren eindeutige Feststellbarkeit und relativ große Trägheit gegenüber Klimaveränderungen erübrigt die Einführung einer spezieller definierten Bezugsfläche.

Für die Ermittlung des Bezugsniveaus von Schneegrenzdepressionen wäre eine inventarmäßige Erfassung aller verfügbaren 1850-Schneegrenzen, wie dies etwa M. MAISCH (1987) für Graubünden gezeigt hat, vorteilhaft. Im Österreichischen Gletscherkataster (GROSS und PATZELT, o.J.) sind diese Daten vorläufig noch nicht greifbar, sodaß man als Spätglazialbearbeiter auf eigene Untersuchungen über die neuzeitlichen Stände angewiesen ist. Nun ist aber die Ermittlung des Bezugsniveaus schon in Gebieten mit bedeutenden rezenten und 1850-Gletschern durch ein hohes Maß an Subjektivität nicht unproblematisch und wird in neuzeitlich unvergletscherten Gebieten noch schwieriger. Diese Frage ist in der Literatur schon öfter behandelt worden (z.B. FRAEDRICH 1979, S. 132; KERSCHNER und BERKTOLD 1982, S. 126, oder PATZELT 1983, S. 39), ohne daß aber bisher eine bessere Lösung als die mehr oder weniger grobe Schätzung, die "eine vorsichtige räumliche Extrapolation, etwa in benachbarte Täler" (G. GROSS et al. 1977, S. 243) sein sollte, gefunden worden wäre. Nimmt man etwa das Beispiel der Niederen Tauern, auf das ich an anderer Stelle schon hingewiesen habe (LIEB 1983, S. 140), so offenbart sich diese Problematik in ihrer vollen Tragweite: In den zentralen Schladminger Tauern existierten bei den neuzeitlichen Hochständen einige kleine Kargletscher, die anhand deutlicher Moränen rekonstruiert werden können, und große perennierende Firnflächen, wie der Flechtenbewuchs zeigt (sehr ausführlich hierüber SENARCLENS-GRANCY 1962, S. 67 ff.).

Von den kleinen neuzeitlichen Gletschern verdient der heute nur mehr als Firnfeld vorliegende Gletscher südöstlich des Elendberges (im Norden des Hochgolling) Beachtung, weil er relativ am wenigsten vom Relief dominiert ist und noch am besten einen nicht nur auf lokaler Gunst beruhenden, sondern für einen größeren Raum repräsentativen Schneegrenzwert liefert. Die Schneegrenze für 1850 berechnet sich zu rund 2490 m (E-Exposition), welcher Wert erfahrungsgemäß dem des Nord-Sektors näher als dem des Süd-Sektors liegt. Der Schneegrenzanstieg von 300 - 400 m seit 1850, den W. SENARCLENS-GRANCY (1962, S. 73) ermittelt hat, ist nicht real und kam durch unzureichende Differenzierung zwischen der Schneegrenze am Einzelgletscher und der klimatischen Schneegrenze zustande. In jedem Fall wird aber die Abschätzung des Bezugsniveaus in den Schladminger Tauern und noch mehr in den östlichen Gruppen der Niederen Tauern immer nur bestenfalls größenordnungsmäßig möglich sein. Jede Errechnung von Schneegrenzdepressionen kann hier also nur hypothetischen Charakter besitzen, und die Gliederung von Gletscherständen muß primär nach absoluten Schneegrenzhöhen erfolgen.

Nicht viel günstiger sieht es in den Niederen Tauern mit Permafrostdepressionen aus, weil aktive Blockgletscher fehlen oder deren Existenz bisher noch nicht bekannt wurde. Obwohl es außer Zweifel steht, daß in den höchsten Teilen der Niederen Tauern

Permafrost existiert - am augenscheinlichsten sieht man dies etwa an der Verbreitung perennierender Firnflecken, die nach W. HAEBERLI und G. PATZELT (1983, S. 131) Permafrost anzeigen -, so gibt es bisher doch keine konkreten Hinweise über seine Verbreitung, die man etwa mit Messungen von Quelltemperaturen oder Basistemperaturen der winterlichen Schneedecke eruieren könnte. Auch gibt es keine künstlichen Aufschlüsse von Permafrost, wie sie beispielsweise G. PATZELT (1983, S. 41) vom Glungezer bei Innsbruck beschreibt, sodaß auch die Untergrenzen der fossilen Blockgletscher nur mit vagen Bezugswerten bearbeitet werden können.

4. DIE KONKRETE SITUATION IN ZWEI BEISPIELSGEBIETEN

4.1. Die östliche Schobergruppe (zu Abb. 2)

Die folgenden Erläuterungen über dieses bislang nur sehr spärlich behandelte Gebiet beruhen auf Arbeitsergebnissen meiner Dissertation (LIEB 1987). Das Gebiet zeigt einige grundsätzliche, in der vorliegenden Arbeit zur Diskussion stehende Probleme sehr gut auf, ist also nicht durch besonders günstige Gegebenheiten ausgezeichnet. Es ist hinsichtlich der Spätglazialrelikte sogar eher bescheiden ausgestattet. Hier können nicht einzelne Moränenlagen und Blockgletscher, sondern nur die wichtigsten Sachverhalte zusammenfassend dargestellt werden.

Die bei Kapitel 3.1. schon erwähnte große Reliefenergie hat nicht nur entscheidenden Einfluß auf Wesen und Ausmaß der heutigen Vergletscherung, sondern auch auf die Erhaltung der Moränen. Dies gilt gar nicht so sehr für die Karräume als viel mehr für die tief eingeschnittenen Haupttäler, wo in keinem Fall mehr als ein Stadium rekonstruierbar ist, will man sich nicht auf vage Hinweise durch zungenbeckenartig geweitete Talabschnitte stützen. Die Verteilung der Spätglazialrelikte im Raum ist nicht gleichmäßig, wobei das Fehlen entsprechender Moränen und fossiler Blockgletscher im Gruppeninneren (um Roten Knopf, Gr. Hornkopf, Petzeck) deutlich den vorwiegend postglazialen bzw. rezenten Glazial- und Periglazialbereich bzw. die räumliche Selbständigkeit des "spätglazialen Formenkomplexes" (vgl. Kap. 2) veranschaulicht. Die zum Mölltal abdachenden Hänge tragen zwar weithin eine mächtige Moränenaufgabe, wurden daraufhin aber nicht näher untersucht. Festzuhalten ist nur, daß die zahlreichen, in der Arbeit von R. LUCERNA (1939) beschriebenen und in seiner Karte der "Ur-pasterze" verzeichneten Eisrandlagen nach meinen Beobachtungen vor allem im Gebiet von Apriach vielfach einer Überprüfung im Gelände nicht standhalten, weshalb auch die zugehörigen Rekonstruktionen des Möllgletschers als fraglich gelten müssen.

Die Zuordnung der Moränen²⁾ zu den alpenüblichen Spätglazialstudien erfolgte vorwiegend anhand von Schneegrenzdepressionen, während sich die Formfrische einzelner Moränen als weniger aussagekräftig erwies, da hierbei das Substrat - im Gebiet herrscht ein bunter Wechsel verschiedener altkristalliner Gesteine vor - eine größere Rolle als die Zeit zu spielen scheint. Die Bezugsniveaus wurden für jeden spätglazialen Gletscher gesondert bestimmt, wobei die Genauigkeit mit der Anzahl neuzeitlicher

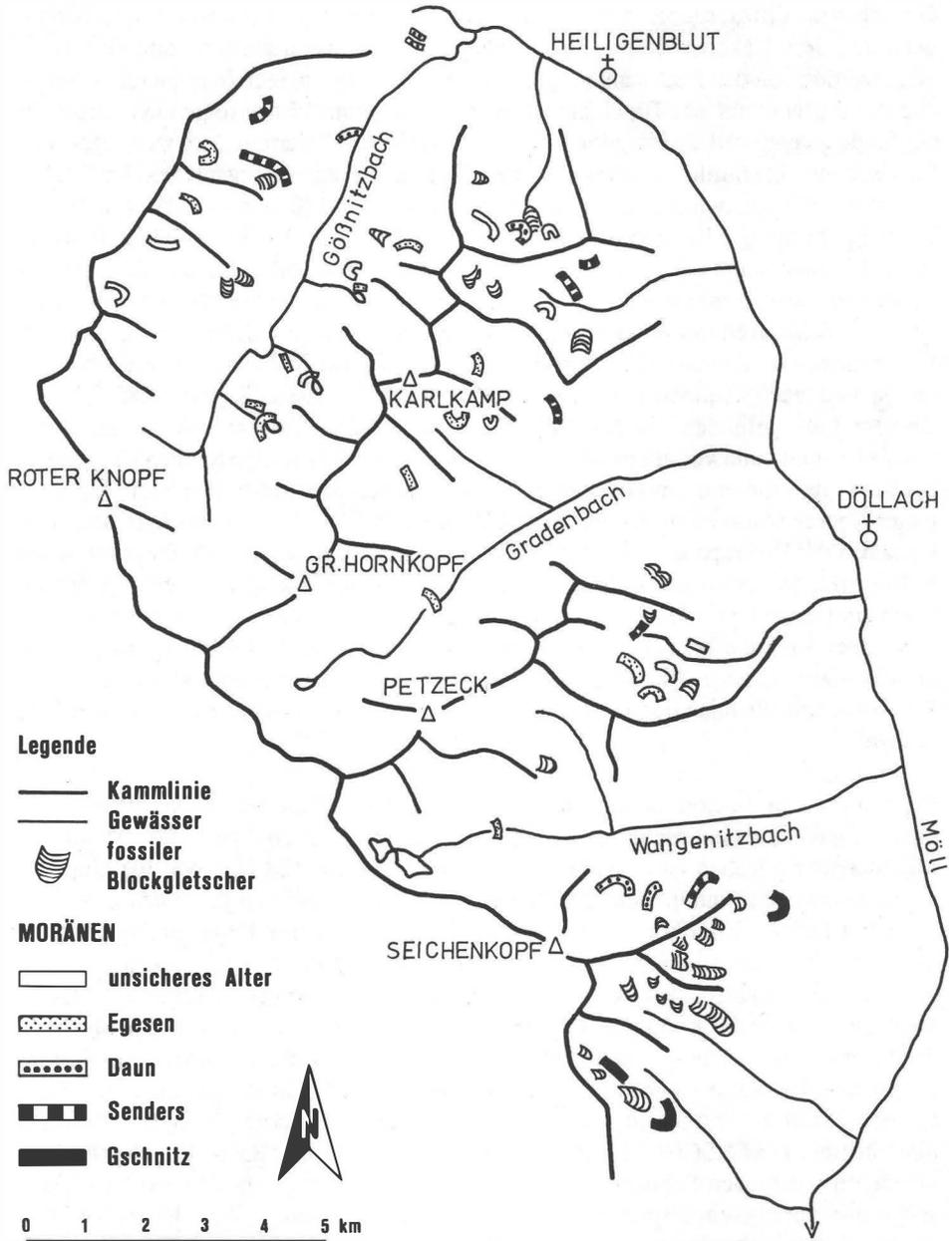


Abb. 2: Spätglaziale Moränen und Blockgletscher in der östlichen Schobergruppe (Hohe Tauern)

Gletscher im Einzugsgebiet bzw. mit dessen Nähe zur neuzeitlichen Vergletscherung wächst. Durch Rekonstruktionsschwierigkeiten bzw. Unsicherheiten beim Bezugsniveau wurden von den insgesamt aufgefundenen 40 Moränenlagen (darunter daunezeitliche der Pasterze auf der Bruchalm W Heiligenblut) nur 25 der folgenden Übersicht zugrunde gelegt, weil sie einigermaßen gesicherte Werte lieferten. Demnach ergab sich für Gschnitz eine mittlere Depression von 650m³) unter dem Bezugsniveau (bei 3 Gletschern mit Werten zwischen 630 und 690 m), für Senders 430 m (n=5; 405 - 470 m), für Daun 345 m (n= 6; 310 - 385 m) und für Egesen 210 m (n=11; 170 - 240 m). Hinweise auf den Kromerstand gibt es nur durch eine Moräne N des Gößnitzbaches, die bei einer Schneegrenzdepression von 80 m abgelagert wurde. Vergleicht man diese Angaben mit dem westlichen Teil der Schobergruppe, so zeigt sich eine gute Übereinstimmung der Depressionen im Kromer, Egesen und Senders, wobei aber Kromer dort weiter verbreitet ist und auch Äquivalente des von M. MAISCH (1982, S. 97) beschriebenen Bockten(tälli) gefunden wurden (BUCHENAUER 1988). Unterschiede hingegen treten im Gschnitz und vor allem im Daun auf, wobei aber bei beiden Stadien - besonders bei Gschnitz - die von mir ermittelten Depressionen relativ gut mit anderen Alpengebieten übereinstimmen (vgl. etwa FURRER et al. 1987, Tab. 1). Fragt man nach den Ursachen der Diskrepanzen, so kommen in erster Linie lokalspezifische Gegebenheiten in Betracht, wobei im Zweifelsfall sicherlich dem Westteil aufgrund seines größeren Formenreichtums die höhere Autorität zukommen dürfte. In zweiter Linie zeigen sich dabei aber auch die im Kapitel 3 besprochenen methodischen Probleme, wozu noch kommt, daß auch bei der Gliederung der gewonnenen Depressionswertreihe in den Stadien entsprechende Gruppen ein gewisses Maß an Subjektivität nicht auszuschließen ist.

Bei den fossilen Blockgletschern sind in erster Linie jene Situationen von Interesse, bei denen fossile Blockgletscher innerhalb datierbarer Moränen liegen und somit ein Maximalalter gegeben ist (vgl. dazu auch LIEB 1986, S. 128 ff.). Wie die Untersuchung gezeigt hat, sind hieraus jedoch nur zwei Anhaltspunkte zu gewinnen und zwar: Für alle Blockgletscher kommt Egesen als Bildungszeitraum in Frage, und alle Blockgletscher sind sicher jünger als Gschnitz. Hiermit wird die Notwendigkeit des Vergleichs von Permafrostdepressionen - bezogen auf die mittlere Untergrenze aktiver Blockgletscher in der jeweiligen Exposition (Kap. 3.3.) - verständlich. Die Spannweite der so ermittelten Depressionen beträgt bei 29 fossilen Blockgletschern 220 - 680 m, wobei sich 19 Werte zwischen 370 und 490 m, deutlich von den übrigen abgesetzt, scharen. Ihr Mittel beträgt rund 425 m, was mit bekannten Werten für Egesen recht gut übereinstimmt (KERSCHNER 1983, S. 590, und PATZELT 1983, S. 40), aber im Vergleich zur westlichen Schobergruppe auffallend niedrig erscheint. Für die Blockgletscher mit geringeren Depressionen sind in Anlehnung an H.W. BUCHENAUER (1988) die möglichen jüngeren Spätglazialstadien Bockten und Kromer, möglicherweise aber auch frühes postglaziales Alter (FRAEDRICH 1979, S. 141) denkbar. Die beiden deutlich höheren Depressionswerte (530 und 680 m) gehören einem älteren Stadium, wahrscheinlich dem Daun, an, wobei aber nach H. KERSCHNER (1983) auch Senders nicht auszuschließen ist. Bei Parallelisierung dieser Art darf aber nie überse-

hen werden, daß zum einen bei Verwendung aller Untergrenzen fossiler Blockgletscher eine Verzerrung der realen Permafrostdepressionen in Richtung auf geringere Werte auftreten kann, weil Blockgletscher ja nicht bis an die Untergrenze des diskontinuierlichen Permafrostes reichen müssen, und daß zum anderen auch mit Reaktivierung schon inaktiv gewordener Formen in späteren Stadien gerechnet werden muß.

Das Spätglazial in der östlichen Schobergruppe fügt sich somit - abgesehen von den genannten Vorbehalten - in die von anderen Alpengebieten bekannte Stadienabfolge ein, wobei sich das Senders-Stadium, welches erstmals bei H. KERSCHNER und E. BERKTOLD (1982) für den österreichischen Alpenraum beschrieben wurde, als selbständiges Stadium bestätigt. Ab dem Daun kann mit Blockgletscheraktivität gerechnet werden, die im Egesen ihr Maximum erreichte. Dieses Maximum muß a priori nicht unbedingt durch besonders blockgletscherfreundliche Klimabedingungen erklärt werden, sondern ist primär in der Größe der zu dieser Zeit schon eisfreien und daher für Blockgletscher zur Verfügung stehenden Karräume zu begründen.

4.2. Die südöstlichen Schladminger Tauern (zu Abb. 3)

Dieses Gebiet wurde gewählt, weil es einerseits besonders blockgletscherreich ist und andererseits, weil es schon von früheren Autoren bearbeitet wurde, die das Blockgletscherphänomen aber nicht erkannten. Die in Abb. 3 verzeichneten Blockgletscher sind durchwegs große, in der Landschaft markant in Erscheinung tretende Formen. Die kleineren Initialformen (protalus ramparts) oder nur unsicheren blockgletscherartigen Fließformen in Schutt oder Moräne (vgl. HAEBERLI 1985, S. 12 ff.) wurden nicht berücksichtigt. Da die Erhebungen hier noch nicht ganz abgeschlossen sind, könnte es sein, daß die Darstellung nicht vollständig ist. Aus diesem Grund wurde auch in Abb. 3 auf die Eintragung der erst teilweise erfaßten Moränen verzichtet.

Die Verteilung der fossilen Blockgletscher zeigt eine deutliche Konzentration auf die Ostflanken der Seitenkämme, was in deren für die Niederen Tauern so charakteristischen Asymmetrie zwischen wenig gegliederten, oft in Form weitgespannter Glatthänge gestalteten W-Hängen (Luv) und stark durch Kare gegliederten E-Seiten (Lee) begründet liegt. Reich an Blockgletschern sind weiters die Kare unmittelbar am Hauptkamm: Erwartungsgemäß fehlt hier die Erscheinung, daß Spätglazialrelikte im Gebirgsinneren selten sind, weil es ja keinen vornehmlich postglazial gestalteten Raum mehr gibt. Die Untergrenzen der 34 fossilen Blockgletscher liegen zwischen 1770 und 2300 m. Die Verteilung nach Expositionen zeigt eine markante Bevorzugung des Sektors NE bis S (79 % aller Blockgletscher) mit einem Maximum bei E (26 %), was zum einen wieder in den genannten Geländegegebenheiten, zum anderen aber auch in der Tatsache seinen Grund hat, daß die schattseitigen Lagen länger eine Vergletscherung besaßen.

Hinweise für eine zeitliche Zuordnung der Blockgletscher sind wieder relativ spärlich. Rekonstruiert man aufgrund der von E. FABIANI (1969, S. 61 ff.) kartierten Moränen

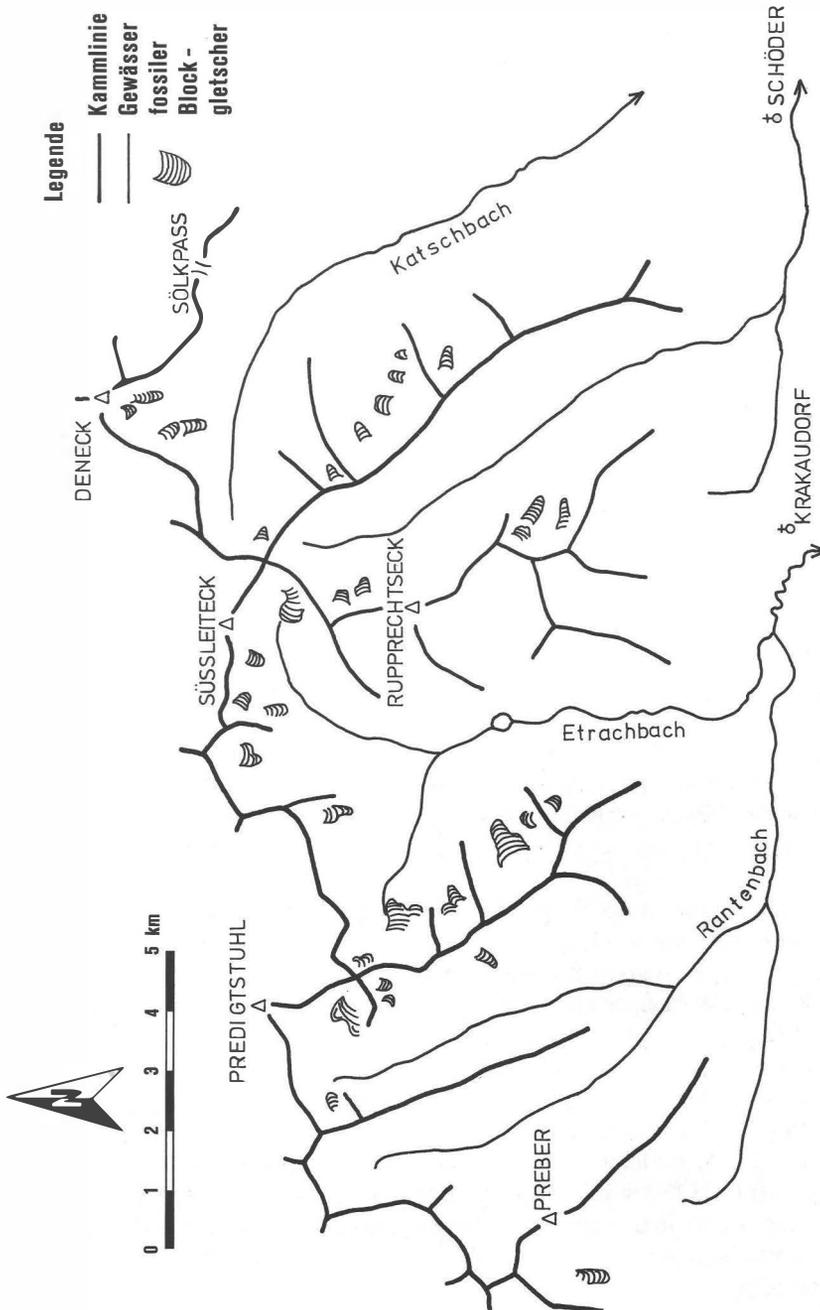


Abb. 3: Die fossilen Blockgletscher der südöstlichen Schladminger Tauern (Niedere Tauern)

die spätglazialen Gletscher des Etrachtals, so kann man eine Abfolge der Schneegrenzen ($S_c : S_g = 2 : 1$) von 1820 m über 1920 m zu 2110 m beobachten, wobei die beiden tieferen Schneegrenzlagen noch Talgletscher, die höchste nur mehr kleine S-exponierte Kargletscher hervorbrachte. Hinter der zur Schneegrenze von 2110 m gehörigen Moräne im Kar S der Schimpelscharte (W Sübleiteck) schließt eine chaotische Moränenlandschaft und im innersten Teil des Kares ein prächtiger fossiler Blockgletscher mit einer Untergrenze in 2090 m an. Außerhalb der Moräne liegt ein weiterer Blockgletscher mit einer Untergrenze in 1890 m. Nimmt man das Bezugsniveau in 2600 m an - nach den Überlegungen in Kapitel 3.3. sollte dies eine brauchbare Schätzung für den S-Sektor sein -, so wären die Stände dem Steinach (Depression 780 m), dem Gschnitz (Depression 680 m) und dem Senders (Depression 490 m) zuzuordnen. Hierfür spricht auch, daß sich die Differenzen zwischen den Schneegrenzen in etwa mit den zwischen diesen Stadien üblichen decken, wobei aber über das Steinach bislang noch zu wenige Vergleichsdaten zur Verfügung stehen. Für die innerste Moräne ist die Zugehörigkeit zu Senders weiters durch den langsamen, oszillierenden Rückzug, wie er auch in anderen Gebieten der Tauern und am locus typicus in den Stubai Alpen (KERSCHNER 1986, S. 69) beobachtet werden konnte, wahrscheinlich.

Stimmt diese Zuordnung, so kann sich der Blockgletscher mit der Untergrenze in 2090m erst nach dem Senders, der mit der Untergrenze in 1890 m auch schon während des Senders gebildet haben. Die Bestimmung der Permafrostdepression ist sehr schwierig: Legt man die gut untersuchte Schobergruppe zugrunde und berücksichtigt die dort allgemein höhere Lage aller Höhengrenzen gegenüber den Niederen Tauern, so wäre für den S-Sektor als rezente Permafrostuntergrenze 2600 m denkbar, wobei aber dieser Wert wegen seiner Übereinstimmung mit dem Bezugsniveau äußerst unsicher erscheint. Die darauf beruhende Depression von 510 m wäre für Daun zwar gering, aber angesichts des flachen, der Blockgletscherdynamik wohl eher feindlichen Karbodens nicht auszuschließen. Für den benachbarten Blockgletscher mit 1890 m Untergrenze würde sich dann tatsächlich Senders anbieten. Für schattseitige Lagen können vorläufig Permafrostuntergrenzen vermutet werden, die in den jeweiligen Stadien in der Größenordnung von 150 - 200 m tiefer als an den Sonnseiten lagen (vgl. die aktiven Blockgletscher der Schobergruppe; LIEB 1986, S. 127), wobei aber im Senders die schattseitigen Kare noch vergletschert gewesen zu sein scheinen.

Das Gebiet wurde in seiner W-Hälfte von E. LICHTENBERGER (1956) und in seiner E-Hälfte (E des Etrachtals) von E. FABIANI (1969) auf das Spätglazial hin untersucht. Die erstgenannte Arbeit ist sehr kleinmaßstäbig konzipiert und läßt daher Detailfragen offen, die zweite hingegen zeichnet sich durch eine Genauigkeit aus, die so weit geht, daß jeder einzelne Fließwulst der fossilen Blockgletscher exakt kartiert, aber als Moränenwall aufgefaßt wurde. In beiden Arbeiten erscheinen also die Blockgletscher als Moränenlandschaften, weshalb die gesamte Interpretation des Spätglazials, wie sie diese Autoren aus dem damaligen Kenntnisstand heraus vorgenommen haben, heute nicht mehr haltbar sein kann. Die markanten fossilen Blockgletscher an der E-Seite des vom Predigtstuhl nach SSE ziehenden Grates etwa sind in der Karte bei E. LICHTEN-

BERGER (1956) als dem Gschnitz II und III zugeordnete Moränen eingetragen. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand wurden die Blockgletscher wahrscheinlich dauzeitlich gebildet.

Aus diesem Grund ist zur Rekonstruktion der wahren Verhältnisse im Spätglazial eine weitgehende Umdeutung der Arbeitsergebnisse der älteren Literatur notwendig. Dies gilt besonders für den blockgletscherreichen Teil der Niederen Tauern, der außer dem hier vorgestellten Raum noch - wie schon erwähnt - die meisten Gebiete S des Hauptkammes und N davon vor allem die Knallstein- und Bösensteingruppe umfaßt. Die bisher einzige, speziell den Blockgletschern der Niederen Tauern gewidmete Studie verdanken wir H. NAGL (1976), der die wohl zu den großartigsten der Tauern zählenden fossilen Blockgletscher der Seckauer Tauern behandelt hat. Leider wurde dabei aber von falschen Grundlagen bezüglich der Natur der Blockgletscher ausgegangen und ihre zeitliche Einordnung mittels Schneegrenzdepressionen ins Gschnitz vorgenommen. Nach meinen Beobachtungen reichen in den Seckauer und Wölzer Tauern die tiefsten Blockgletscherenden im N-Sektor bis 1700 m, im S-Sektor bis fast 1800 m herab, was Depressionen in der Größenordnung von 800 m entsprechen dürfte. Ob es sich hierbei wirklich um Gschnitz handeln kann, ist fraglich. Senders wäre meiner Meinung nach wahrscheinlicher.

5. DIE SPÄTGLAZIALE GLETSCHER- UND BLOCKGLETSCHERGESCHICHTE IM ÜBERBLICK

5.1. Neu zu berücksichtigende Ergebnisse

Will man ein Bild des Spätglazials entwerfen, so ist die Einbeziehung der älteren Literatur natürlich unabdingbar. Um aber eine Vergleichbarkeit mit dem jüngsten Forschungsstand zu ermöglichen, müssen hinsichtlich der folgenden beiden Sachverhalte Umdeutungen und Ergänzungen der älteren Arbeiten erfolgen:

- a) Da offenbar kein Grund besteht, für die Hohen und Niederen Tauern einen grundsätzlichen anderen Vergletscherungsgang als in den weiter westlich gelegenen Zentralalpen anzunehmen, kann eine Zuordnung von Moränenabfolgen zu den üblichen Stadien Bühl, Steinach, Gschnitz, Senders, Daun, Egesen, Kromer erfolgen, eventuell auch zu Bockten. Obwohl gegenüber der älteren Literatur nur Steinach, Senders und Kromer (bzw. Bockten) neu sind, müssen aus den diskutierten methodischen Einwänden auch alte Zuordnungen zu den übrigen Stadien kritisch geprüft werden. Zumindest bei unsicheren Gletscherrekonstruktionen und Depressionsangaben der Schneegrenzen empfiehlt es sich, innerhalb eng umgrenzter Untersuchungsgebiete Lokalbezeichnungen für die einzelnen Stadien einzuführen.
- b) Das Blockgletscherphänomen bildet durch seinen Informationsgehalt über die Permafrostverbreitung eine wesentliche Bereicherung der Kenntnis des Spätglazials, sodaß die Erfassung der fossilen Blockgletscher am und südlich des Tauernhaupt-

kammes und ihre Datierung mit Hilfe von Beziehungen zu Moränen und von Permafrostdepressionen eine wichtige Aufgabe der modernen Spätglazialforschung geworden ist. Hinzu kommt noch die sorgfältige Durchsicht der älteren Literatur in Bezug auf die fälschlich als Moränenlandschaften aufgefaßten Blockgletscher.

5.2. Der Ablauf in den Hohen Tauern

Spuren des frühesten Eisschwundes nach dem Würm-Hochglazial sind in den Hohen Tauern aufgrund ihrer Lage inmitten des alpinen Eisstromnetzes nicht zu erwarten. Die entsprechenden Ablagerungen liegen im Klagenfurter Becken bzw. am nördlichen Alpenrand. Ähnliches gilt auch für das Bühlstadium, das ja das noch intakte Eisstromnetz betraf (PATZELT 1980, S. 13). Zugehörige Sedimente mögen da und dort in den Nachbargebieten der Hohen Tauern (z.B. der Stand von Jochberg bei PATZELT 1975, 325) und an deren Rand anzutreffen sein, etwa im Bereich Lurnfeld - Millstätter See - Gmünd (genauer hierzu PASCHINGER 1976, S. 54, und HUSEN 1981, S. 207, mit Folge-literatur). Eine vernünftige Schneegrenzabschätzung, die eine Vergleichbarkeit mit den jüngeren Stadien ermöglichen würde, ist bei diesem durch die Geländebefunde nur schwierig nachweisbaren Gletscherstand praktisch undurchführbar.

Ähnliche Probleme treten zweifellos für das noch mit Toteisresten der Haupttäler in Kontakt stehende Steinachstadium auf, das etwa im oberen Mölltal einen noch sehr kompliziert gebauten dendritischen Gletscher hervorbrachte, der vielleicht mit dem Maximalstand der "Urpasterze" R. LUCERNA's 1939 (vgl. Kap. 4.1.) gleichzusetzen ist. Äquivalente Gletscherstände fehlen in den benachbarten Gebirgsgruppen (Schober-, Glockner-, Goldberggruppe), weil die Eismassen jeweils noch das Haupttal erreichten. In den niedrigeren Teilen der Hohen Tauern gab es schon einfacher gebaute Talgletscher, so wie dies H. NAGL (1971a, S. 10 ff.) für das Pöllatal (Hafnergruppe) beschrieb. Die dortige Umdeutung von Schlern der älteren Literatur auf Steinach dürfte zwar in vielen Fällen, wohl aber nicht generell zutreffen. Interessant ist hier auch der Versuch, die Moränenabfolge der Hafnergruppe mit Terrassen- und Schwemmkegelgenerationen zu parallelisieren.

Im folgenden Gschnitzstadium, das nach D.v. HUSEN (1981, S. 205) den ausgeprägtesten Gletschervorstoß im Spätglazial hervorrief, waren für die Hohen Tauern noch ohne Zweifel große Talgletscher charakteristisch, was etwa G. PATZELT (1975, S. 318 ff.) für das Gerlosgebiet gezeigt hat. Daneben gab es aber in den niedriger umrahmten, Süd-exponierten Gebieten schon selbständige Kargletscher (LIEB 1987, S. 217). Die Haupttäler waren bis auf die innersten Abschnitte eisfrei. Im oberen Mölltal könnte die immer noch aus Schober-, Glockner- und Goldberggruppe ernährte Gletscherzunge bis Döllach gereicht haben, wie schon A. PENCK und E. BRÜCKNER (S. 1909, S. 1118) vermuteten.

Das nunmehr auch für die Hohen Tauern belegte Sendersstadium⁴⁾ war bei zwar geringerer Gletschergröße doch im Gesamtausmaß der Eisbedeckung dem Gschnitz ähnlich,

indem Talgletscher generell typisch und meist noch keine Kare eisfrei waren. Mit großer Wahrscheinlichkeit gelangten noch keine oder nur einzelne Blockgletscher zur Ausbildung. Die in NE-Exposition bis 1700 m herabreichende Zunge östlich der Tandsel Spitze, östliche Reißbeckgruppe, könnte hierfür ein Beispiel sein. Das Senders-Stadium bietet sich ähnlich wie in den Niederen Tauern als Ersatz für manche Substadien des in 3 Phasen gegliederten Gschnitz - etwa bei G. WEISSEL (1966) (Kreuzeckgruppe) - an, wobei auch hier wie bei Schlern-Steinach keine allgemein gültige Regel für diese Umdeutung aufgestellt werden darf.

Im Daunstadium hatten sich die Gletscher in den meisten Fällen in das Gebirgsinnere zurückgezogen. In der Schobergruppe etwa gab es zwar noch bedeutende Talgletscher, doch erreichte keiner von ihnen mehr den Rand der Gruppe, und der Möllgletscher reichte nur mehr in das Talbecken von Heiligenblut herab. Der Vorstoß war sehr kräftig und häufig mehrgliedrig, was eine Gemeinsamkeit mit Senders ist. Zahlreiche Kare, besonders bei niedriger Umrahmung und S-Exposition, blieben gletscherfrei und boten Raum für die Entwicklung von Blockgletschern, welche aber noch nicht ihr Maximum erreichte.

Das in den meisten Gebieten der Hohen Tauern durch ein reichhaltiges Formeninventar rekonstruierbare Egesenstadium brachte nur mehr in den innersten Teilen der Gebirgsgruppen Talgletscher hervor. Gegen die Ränder hin entwickelten sich nur mehr Kargletscher, wobei aber auch schon schattseitige Kare eisfrei blieben. Die Moränen haben oftmals den guten Erhaltungszustand und die Gliederung in mehrere Staffeln mit den Zentralalpen westlich der Hohen Tauern gemein. Die Blockgletscheraktivität war nun in den dafür geeigneten Gebieten maximal. In der Schobergruppe allein bildeten sich wahrscheinlich 43 Blockgletscher in dieser Zeit (LIEB 1987, S. 246, und BUCHENAUER 1988). Hinweise für Spätglazialstände nach dem Egesen finden sich etwa in der Schobergruppe (Kap. 4.1.) und in der Hafnergruppe, doch kann beim momentanen Kenntnisstand noch nicht entschieden werden, inwieweit ihnen allgemeine Gültigkeit zukommt. Über den Kromerstand etwa bemerkten schon G. GROSS et al. 1977, S. 245, daß er nicht so generell wie Egesen verbreitet sei.

5.3. Der Ablauf in den Niederen Tauern

Im Vergleich zu den Hohen Tauern lagen die Niederen mehr peripher zum alpinen Eisstromnetz bzw. in ihrem E-Teil überhaupt außerhalb davon. Die östlichen Wölzer, die Rottenmanner und die Seckauer Tauern trugen jeweils auch im Hochglazial nur Lokalvergletscherungen. Hinsichtlich des Eisrückzuges sind diese Gegebenheiten insofern von Bedeutung, als die Relikte der Stadienabfolge sich auf engerem Raum zusammendrängen. Auch waren die Gletscher der frühen Stadien bereits einfacher zusammengesetzt, sodaß klarere Vorstellungen über die Schneegrenzanhebung in den ältesten Abschnitten des Spätglazials gewonnen werden können. Über das Bühlstadium ist dennoch auch in den Niederen Tauern wenig bekannt. Auch aus der gut untersuchten Lokalvergletscherung der Seckauer Tauern (NAGL 1971b und 1976) ergeben sich kei-

ne diesbezüglichen Hinweise. Besser faßbar ist das Steinachstadium, für das in allen Gebieten noch Talgletscher charakteristisch waren, die in den höheren Gebirgstteilen im Westen bis zum Rande der Gebirgsgruppen oder wenigstens bis zu dessen Nähe reichten. Ein Argument für Steinach könnte auch der schon mehrfach erwähnte, oft schlechte Erhaltungszustand der zugehörigen Moränen sein (vgl. etwa LICHTENBERGER 1956, S. 243).

Im Gschnitz bildeten sich in den östlichen Untergruppen nur mehr Kargletscher aus, während in den Teilen westlich des Glattjochs zumeist noch Talgletscher entstanden, die aber schon weit im Inneren des Gebirges endeten und sich nicht mehr zu großen, aus mehreren Tälern genährten Gletscherströmen vereinigten. Gletscherfreie Kare gab es aber nur ausnahmsweise bei extrem ungünstigen Expositions- und Umrahmungsbedingungen.

Das mehrgliedrige Sendersstadium dürfte demgegenüber nur mehr in den Schladminger und Teilen der Radstädter Tauern Talgletscher hervorgebracht haben, während die übrigen Gruppen jetzt weitgehend von Kargletschern geprägt waren. Spätestens in diesem Stadium setzt die Aktivität von Blockgletschern ein (vgl. auch KERSCHNER 1986, S. 69), wobei es wahrscheinlich zur Bildung besonders eindrucksvoller und großflächiger Formen kam.

Im Daun waren die Gletscher für das Landschaftsbild der Niederen Tauern nur mehr von untergeordneter Bedeutung, sieht man von den zentralen Schladminger Tauern ab, wo es noch eine bedeutende Karvergletscherung mit einzelnen Gletscherzungen gab. Im übrigen erreichte die Blockgletscheraktivität in den zahlreichen eisfreien Karen ihr Maximum, das somit wesentlich früher als in den Hohen Tauern anzusetzen ist.

Das für die Hohen Tauern so bedeutende Egesenstadium brachte selbst in den höchsten Teilen der Schladminger Tauern nur mehr bescheidene Kargletscher hervor, und auch die Blockgletscher verloren an Bedeutung, sofern man die Möglichkeit der Reaktivierung daunzeitlicher Blockgletscher im Egesen außer Betracht läßt.

Wie ich nach großteils unveröffentlichten Beobachtungen in den Wölzer und Schladminger Tauern feststellen konnte, ist die von fast allen Bearbeitern (LICHTENBERGER 1956, WÖBER 1966, SLANAR 1967, FABIANI 1969) vorgenommene Gliederung des Gschnitz in drei selbständige Substadien in den Niederen genauso wie in den Hohen Tauern nicht angebracht. Soweit nicht überhaupt Mißdeutungen von Blockgletschern vorliegen, handelt es sich häufig um Sendersmoränen. Nicht haltbar erscheint ferner die von W. SENARCLENS-GRANCY (1962) für die Schladminger Tauern und in früheren Arbeiten auch für Teile der Hohen Tauern (SENARCLENS-GRANCY 1935 und 1944) vorgeschlagene Spätglazialgliederung, bei der ungeachtet der beispielhaft genauen Kartierung insbesondere die Zusammenfassung von Gschnitz, Daun und Egesen zur "jungstadialen Wallgruppe" dem Charakter dieser Stände als markante, oft mehrgliedrige und deutlich voneinander abgesetzte selbständige Vorstöße nicht gerecht werden kann.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Die Arbeit beschreibt im ersten Teil die Wichtigkeit des Spätglazials im allgemeinen und einige wichtige methodische Aspekte, besonders die Probleme bei der Rekonstruktion von Vorzeitgletschern, bei der Schneegrenzbestimmung und bei der Angabe von Depressionen der Schneegrenzen und Permafrostuntergrenzen. Der zweite Teil präsentiert die östliche Schobergruppe und die südöstlichen Schladminger Tauern als Beispielsgebiete. Diskutiert werden die Zuordnung der Moränen zu den Spätglazialstadien und die Möglichkeiten der Datierung fossiler Blockgletscher. Die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Hohen und Niederen Tauern im Ablauf des Spätglazials werden im dritten Teil herausgearbeitet. Es zeigt sich eine gute Übereinstimmung mit den aus anderen Alpengebieten bekannten Verhältnissen, wobei aber im Detail vielfach noch Fragen offen sind.

Die Zusammenschau hat gezeigt, daß sich die in anderen Alpengebieten gefundene Gliederung des Spätglazials auch in den Tauern bestätigt und daß somit in den Hohen und Niederen Tauern die Abfolge der Stadien grundsätzlich die gleiche war. Die Unterschiede liegen entsprechend der verschiedenen absoluten Höhen der beiden Gebirgszüge jeweils nur im Ausmaß der Vergletscherung und Blockgletscheraktivität. Neben diesem grundsätzlichen Sachverhalt und der Feststellung der weiten Verbreitung und somit hohen landschaftlichen Bedeutung der fossilen Blockgletscher hat diese Arbeit viele Fragen offen gelassen. Damit das in Kapitel 1 angesprochene Ziel einer umfassenden paläogeographischen Darstellung erreicht werden kann, müssen noch umfangreiche Vorarbeiten geleistet werden. Die wichtigsten davon sind die Gewinnung einer großen Datendichte bei Schneegrenzen und Blockgletscheruntergrenzen, wobei ältere Kartierungsergebnisse mitverwendet werden können, teilweise aber auch Umdeutungen und Neukartierungen notwendig sind. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist eine genauere Kenntnis aller Gletscherstände der Hohen Tauern von 1850 zur Absicherung der Werte des Bezugsniveaus und eine vollständige Kenntnis aller aktiven Blockgletscher und nach Möglichkeit auch der Permafrostverbreitung außerhalb von diesen. In den Niederen Tauern, in denen vielfach nicht einmal die subnivale Höhenstufe erreicht wird, sind diese Probleme jedoch kaum lösbar. Gerade hier wären palynologische Befunde und absolute Datierungen höchst wünschenswert, um von den vorläufigen, noch allzu hypothetischen Ergebnissen zu einer sicheren Beweisführung zu gelangen.

Erst basierend auf dieser kann eine umfassende paläoklimatische Interpretation der Befunde erfolgen, etwa im Sinne einer Stellungnahme zu den jüngst (MAISCH in: FURRER et al. 1987, S. 70) wieder in Frage gestellten Überlegungen H. KERSCHNERS (1983) bezüglich der Unterschiede zwischen Rand- und Inneralpen. So möge die vorliegende, auf morphologischen Kriterien sowie Schneegrenz- und Permafrostdepressionswerten beruhende Arbeit einerseits als Anregung zur intensiveren Beschäftigung mit dieser Materie und andererseits als eine Art Zwischenbilanz auf dem Weg zu dem eingangs umschriebenen Ziel gesehen werden.

Endnoten

- 1) Als Schneegrenze wird in dieser Arbeit grundsätzlich das langjährige Mittel der Gleichgewichtslinie verstanden - auch alle übrigen Bezeichnungen halten sich an das klare Begriffsinventar von G. GROSS et al., 1977.
- 2) Die Konfiguration der Moränen und Blockgletscher ist in den Abbildungen stark schematisiert und generalisiert dargestellt.
- 3) Alle hier und im weiteren aufscheinenden Werte sind auf 5 m gerundet.
- 4) H. KERSCHNER 1986, S. 73, warnt zwar bezüglich des Senders noch vor gesamtalpiner Korrelation, doch wird hier der Einfachheit halber für den Stand zwischen Gschnitz und Daun auf die Verwendung von Lokalbezeichnungen verzichtet.

7. LITERATURVERZEICHNIS

- BARSCH D (1969), Studien und Messungen an Blockgletschern in Macun (Unterengadin). In: Zeitschrift für Geomorphologie, Suppl.-Bd. 8, S. 11-30.
- BARSCH D (1983), Blockgletscher-Studien, Zusammenfassung und offene Probleme. In: POSER H und SCHUNKE E (Hrsg.), Mesoformen des Reliefs im heutigen Periglazialraum. In: Abh. Akad. Wissensch. Göttingen, Math.-Physikal. Kl., 3. Folge, 35, S. 133-150.
- BUCHENAUER H W (1988), Untersuchungen zur spät- und postglazialen Gletscher- und Permafrostgeschichte der Schobergruppe / Osttirol. In: Marburger Geographische Schriften (in Vorbereitung).
- FABIANI E (1969), Morphologische Studien in den südlichen Niederen Tauern mit besonderer Berücksichtigung des Spätglazials. In: Arbeiten des Geographischen Instituts der Universität Graz, 11, 100 S.
- FRAEDRICH R (1979), Spät- und postglaziale Gletscherschwankungen in der Ferwallgruppe (Tirol/Vorarlberg). In: Düsseldorfer Geographische Schriften, 12, 161 S.
- FURRER G, BURGA C, GAMPER M, HOLZHAUSER H P, MAISCH M (1987), Zur Gletscher-, Vegetations- und Klimageschichte der Schweiz seit der Späteiszeit. In: Geographica Helvetica, 2, S. 61-91.
- GROSS G, KERSCHNER H, PATZELT G (1977), Methodische Untersuchungen über die Schneegrenze in alpinen Gletschergebieten. In: Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, 12/2, S. 223-251.
- GROSS G, PATZELT G (o.J.), Österreichischer Gletscherkataster. Unveröff. Computerdatensammlung, Innsbruck.
- HAEBERLI W (1985), Creep of Mountain Permafrost. Internal Structure and Flow of Alpine Rock Glaciers. In: Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie a.d. ETH Zürich, 141 S.
- HAEBERLI W, PATZELT G (1983), Permafrostkartierung im Gebiet der Hochebenkar-Blockgletscher, Obergurgl, Ötztaler Alpen. In: Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, 18/2, S. 127-145.
- HÖLLERMANN P (1983), Blockgletscher als Mesoformen der Periglazialstufe. Studien aus europäischen und nordamerikanischen Hochgebirgen. In: Bonner Geographische Abhandlungen, 67, 73 S.

- HUSEN D v (1981), Geologisch-sedimentologische Aspekte im Quartär von Österreich. In: Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft, 74/75, S. 197-230.
- KATZMANN W, KNAPPITSCH E, KUX S (1987), Nationalpark Hohe Tauern - Infrarotorthophotokarte und Bildanalyse für die Landschaftsplanung. Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen, Wien, 108 S. und Anhang.
- KERSCHNER H (1978), Untersuchungen zum Daun- und Egesenstadium in Nordtirol und Graubünden (methodische Überlegungen). In: Geographischer Jahresbericht aus Österreich, XXXVI, 1975-76, S. 26-49.
- KERSCHNER H (1979), Zur Rekonstruktion eines spätglazialen Gletscherstandes mit Hilfe eines rechnerisch ermittelten Zungenlängsprofils. In: Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, 14/1, S. 119-123.
- KERSCHNER H (1983), Lateglacial Paleotemperatures and Paleoprecipitation as derived from Permafrost: Glacier Relationships in the Tyrolean Alps, Austria. In: Permafrost, 4th Internat. Conference, Proceedings, Washington, S. 589-594.
- KERSCHNER H (1986), Zum Senderstadium im Spätglazial der nördlichen Stubai Alpen, Tirol. In: Zeitschrift für Geomorphologie N.F., Suppl.-Bd. 61, S. 65-76.
- KERSCHNER H, BERKTOLD E (1982), Spätglaziale Gletscherstände und Schuttförmungen im Senderstal, Nördliche Stubai Alpen, Tirol. In: Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, 17/2, S. 125-134.
- LICHTENBERGER E (1956), Stadiale Gletscherstände in den Schladminger Tauern. In: Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, 3/2, S. 235-244.
- LIEB G K (1983), Beobachtungen zum Spätglazial im Weißpriachtal (Schladminger Tauern). In: Arbeiten des Instituts für Geographie der Universität Graz, 25 (= Morawetz-Festschrift), S. 139-144.
- LIEB G K (1986), Die Blockgletscher der östlichen Schobergruppe (Hohe Tauern, Kärnten). In: Arbeiten des Instituts für Geographie der Universität Graz, 27 (= Leitner-Festschrift), S. 123-132.
- LIEB G K (1987), Die Gletscher und Blockgletscher im Kärntner Teil der Schobergruppe und ihre Entwicklung seit dem Spätglazial. Unveröff. Dissertation, Graz, 286 S.
- LUCERNA R (1939), Die Urpasterze (Der Möllgletscher der Gschnitzzeit). In: Zeitschrift für Gletscherkunde, XXVI, S. 248-257.
- MAISCH M (1982), Zur Gletscher- und Klimageschichte des alpinen Spätglazials. In: Geographica Helvetica, 2, S. 93-104.
- MAISCH M (1987), Die Gletscher um "1850" und "HEUTE" im Bündnerland und den angrenzenden Gebieten: Untersuchungen zur Höhenlage, Veränderung und räumlichen Struktur von Schneegrenzen. In: Geographica Helvetica, 2, S. 127-145.
- MAYR F, HEUBERGER H (1968), Type Areas of Late Glacial and Post Glacial Deposits in Tyrol, Eastern Alps. In: Glaciation of the Alps. University of Colorado Studies, Series in Earth Sciences, 7, S. 143-165.
- NAGL H (1971a), Zur Erkenntnis quartärer Klimaschwankungen aus geomorphologischen Erscheinungen am Beispiel des Pölltales (Hafnergruppe, Kärnten). In: Car. II, 161/81, S. 9-30.
- NAGL H (1971b), Zur eiszeitlichen Vergletscherung der Seckauer Tauern. In: Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft, Bd. 113, I, S. 25-33.
- NAGL H (1986), Die Raum-Zeit-Verteilung der Blockgletscher in den Niederen Tauern und die eiszeitliche Vergletscherung der Seckauer Tauern. In: Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark, 106, S. 95-118.
- PASCHINGER H (1957), Leitformen der spätglazialen Vergletscherung in den Ostalpen. In:

- Geomorphol. Stud. (= Machatschek-Festschr.), *Pet.Mitt.*, Erg.H. 262, S. 137-144.
- PASCHINGER H (1976), Kärnten - eine geographische Landeskunde, erster Teil: Allgemeine Darstellung, Klagenfurt, 322 S.
- PATZELT G (1975), Unterinntal - Zillertal - Pinzgau - Kitzbühel. Spät- und postglaziale Landschaftsentwicklung. In: Tirol, ein geographischer Exkursionsführer (= Innsbrucker Geographische Studien, 2), S. 309-329.
- PATZELT G (1977), Der zeitliche Ablauf und das Ausmaß postglazialer Klimaschwankungen in den Alpen. In: FRENZEL B (Hrsg.), Dendrochronologie und postglaziale Klimaschwankungen in Europa. Erdwissenschaftliche Forschung, XIII, Wiesbaden, S. 248-259.
- PATZELT G (1980), Neue Ergebnisse der Spät- und Postglazialforschung in Tirol. In: Jahresbericht der Österreichischen Geographischen Gesellschaft, 76/77, Zweigverein Innsbruck, S. 11-18.
- PATZELT G (1983), Die spätglaziale Gletscherstände im Bereich des Mieslkopfes und im Arzthal, Tuxer Voralpen, Tirol. In: Arbeiten zur Quartär- und Klimaforschung (= Innsbrucker Geographische Studien, 8) (Fliri-Festschrift), S. 35-44.
- PENCK A, BRÜCKNER E (1909), Die Alpen im Eiszeitalter. 3 Bände. Leipzig, 1199 S.
- SENARCLENS-GRANCY W (1935), Stadiale Moränen im Hochalmspitz-Ankogel-Gebiet. In: Zeitschrift für Gletscherkunde, XXIII, S. 153-171.
- SENARCLENS-GRANCY W (1944), Zur Gliederung eiszeitlicher und jüngerer Gletscherspuren in den Alpen zwischen Venediger, Glockner und Pustertal. In: Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft Wien, 35, S. 125-178.
- SENARCLENS-GRANCY W (1962), Beiträge zur Eingliederung der Moränen der Schladminger Tauern, der Mitterenstaler Moore und der Ramsau- oder Ennstalterrassen bei Schladming in das alpine Jungquartär. In: Jahrb. d. Geologischen Bundesanstalt, 105, S. 65-128.
- SLANAR H (1967), Geomorphologische Untersuchungen in den Wölzer Tauern. Unveröff. Dissertation, Wien, 328 S.
- WEISSEL G (1966), Die spätglaziale Vergletscherung in der östlichen Kreuzeckgruppe. In: *Car.* II, 156/76, S. 12-21.
- WÖBER E M (1966), Geomorphologie des Talgebietes der Großen Sölk und seiner Gebirgsgruppen in den Niederen Tauern mit besonderer Berücksichtigung der Hochgebirgsseen. Unveröff. Dissertation, Wien, 160 S.

8. SUMMARY

Gerhard Karl Lieb: The Late Glacial Development of Glaciers and Rock Glaciers in the Hohe and Niedere Tauern Range (Eastern Alps - Austria)

The first part of the paper deals with the importance of the Late Glacial period in general and some methodical aspects such as the problem of reconstructing former glaciers, the determination of the snowlines and the estimation of the depressions of snowlines and inferior levels of permafrost. In the second part a description of two exemplary regions, the Eastern part of the Schobergruppe and the Southeast of the Schladminger Tauern, is given. The classification of moraines into Late Glacial stades is discussed as well as the possibilities of dating fossile rock glaciers. The common features and differences between the Hohen and Niederen Tauern concerning the Late Glacial period are worked out in the third part. A good correspondence with the situation in other parts of the Alps is shown, although many detailed questions remain open.