

Zur quantitativen Erfassung des Rückganges der Kärntner Gletscher vom Hochstand um 1850 bis 1969

Von Gerhard Karl LIEB, Graz
(mit 7 Abbildungen und 5 Tabellen im Text)

Zusammenfassung

Grundlage der Arbeit ist die inventarmäßig Erfassung der Gletscherstände für beide Jahre. Zuerst wird der Rückgang der Flächen (1850: 79 km², 1969: 48 km²) und Längen mit besonderer Berücksichtigung der Exposition betrachtet. Hierauf wird der Anstieg der mittleren Höhen und der Schneegrenzen, welcher jeweils etwa 100 m betrug, diskutiert. Dabei stehen ebenso wie bei der nachfolgenden Untersuchung der hypsometrischen Flächenverteilung die einzelnen Gebirgsgruppen im Mittelpunkt. Den Abschluß bildet die Erwähnung einiger zukünftiger Forschungsaufgaben.

Summary

Quantitative registration of the retreat of the Carinthian glaciers (Austrian Alps) from their maximum extent in 1850 to 1969: The work which is based on glacier inventories for both years first shows the retreat of the glaciation in area (1850: 79 km², 1969: 48 km²) and in length, especially considering expositions. Then the rise of the mean altitudes and the mean equilibrium lines of the glaciers, which was about 100 m, is discussed. This is done with special regard of the single mountain groups, as well as the following studies on the hypsometric distribution of areas. Finally some aspects of future work are mentioned.

1. Problemstellung und Arbeitsgrundlagen

Jedem Kenner des vergletscherten Hochgebirges sind jene vegetationsarmen und von meist sehr markanten Moränenwällen eingefassten Landschaftsteile gut bekannt, die die heutigen Gletscher umgeben und deren Ausdehnung zur Zeit des Hochstandes um die Mitte des 19. Jahrhunderts erkennen lassen. Ganz ähnliche Größen erreichten die Gletscher auch bei den übrigen neuzeitlichen und älteren Hochständen des Postglazials, weshalb der hier vereinfachend als "Hochstand von 1850" bezeichnete Maximalstand des 19. Jahrhunderts auch für alle älteren Hochstände der letzten rund 10.000 Jahre repräsentativ ist. Der Bereich innerhalb der postglazialen und neuzeitlichen Hochstandsmoränen, welche häufig morphologisch nicht voneinander zu unterscheiden sind und einen einzigen mächtigen Wall aufbauen (dessen innerer Aufbau aber oft eine stratigraphische Unterscheidung der einzelnen Hochstände ermöglicht), wird "Gletschervorfeld" bezeichnet. Dabei ist die auf HOLZHAUSER (1982) zurückgehende Unterscheidung zwischen einem Gletschervorfeld im weiteren (innerhalb der äußersten postglazialen Moräne) und einem solchen im engeren Sinn (innerhalb der äußersten neuzeitlichen Moräne) für die vorliegende Fragestellung ohne Belang.

Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit ist eine zweifache: Zum einen geht es darum, die seit 1850 eingetretenen Veränderungen der Gletscher anhand einer größeren Stichprobe zahlenmäßig zu erfassen, gleichzeitig aber eine etwas höhere regionale Auflösung zu erreichen, als sie die Übersicht von GROSS (1987) bietet. Dabei waren besonders die Untersuchungen von MAISCH (1987, 1988, 1989) in Graubünden als zum Vergleich herausfordernd eine wichtige Anregung für meine Arbeit. Die Wahl Kärntens als Beispielgebiet ergab sich daraus, daß ich im Zuge der Mitarbeit an einer Monographie über die Kärntner Gletscher (LANG & LIEB 1993) bereits die wichtigsten Grunddaten erhoben hatte, deren detaillierte statistische Analyse hiermit vorgelegt wird. Damit ist gleichzeitig die zweite Aufgabe der vorliegenden Studie angesprochen, die sich besonders auch als Beitrag zur Kärntner Landeskunde versteht, nehmen doch die Gletscher einen bedeutenden Flächenanteil und mit ihren mittelbaren und unmittelbaren Wirkungen eine nicht zu unterschätzende Stellung im Wirtschaftsleben zumindest mancher Gemeinden des Landes ein (vgl. dazu die entsprechenden Hinweise in Bezug auf Salzburg bei SLUPETZKY & STROBL 1988).

Die Grundlage der folgenden Ausführungen bildet eine inventarmäßige Erfassung aller Kärntner Gletscher auf EDV-Basis, wobei ich für den Stand von 1969 auf den ÖSTERR. GLETSCHERKATASTER, der für die Kärntner Gletscher erstmals bei LANG (1989) publiziert wurde, zurückgriff. Für den Hochstand von 1850 wurden alle Angaben unter Rücksichtnahme auf methodische Einheitlichkeit im Sinne von MAISCH (1987: 129) bei den Vorarbeiten zur genannten Monographie über die

Kärntner Gletscher neu erhoben; zu diesem Zweck rekonstruierte ich zuerst alle Umriss der damaligen Gletscher und - unter Zuhilfenahme von Längsprofilen und in Anlehnung an die jeweils ältesten verfügbaren Karten (in der Regel Sektionsblätter der 3. Landesaufnahme) - die Topographie der Oberflächen mit 100 m-Isohypsen. Die Basis hierfür bildeten neben umfangreichen Geländebegehungen und ergänzender Sichtung der vorhandenen Literatur vor allem die Auswertung von Luftbildern. Besonders wertvolle Dienste leistete dabei die "Luftbildkarte Nationalpark Hohe Tauern 1:10.000", ein Kartenwerk aus Farbinfrarotorthophotos, das mit zwei Ausnahmen alle Gletscher Kärntens beinhaltet. Von diesen an sich unpublizierten Karten gibt es zwei von M. SEGER hergestellte, überarbeitete Zusammendrucke, die alle Gletscher der Schober-, Glockner- und Ankogelgruppe zeigen (für nähere Informationen vgl. SEGER 1989). Diese Gletscherrekonstruktionen wurden von F. MELCHER im Rahmen einer Seminararbeit ausgewertet und auf diese Weise eine dem Gletscherkataster von 1969 vergleichbare Datei geschaffen, die den unmittelbaren Vergleich der beiden Gletscherstände auf EDV-Basis erlaubt.

Aus dieser Quellenlage ergeben sich folgende, bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigende Probleme. Bei manchen Gletschern können - trotz Überprüfung der Situation vor Ort - Ungenauigkeiten, eventuell auch Fehler in der letztlich immer mit einer gewissen Subjektivität (die wohl auch die Erstellung eines eigenen Inventars berechtigt) behafteten Rekonstruktion der 1850-Stände nicht ausgeschlossen werden, was weniger für die Umriss als vielmehr für die zur hypsographischen Auswertung notwendigen Höhenlinien der Gletscheroberflächen gilt. Dies ist für den einen oder anderen Einzelgletscher, nicht aber für die hier angestrebten regionalen Aussagen von Belang. Schwierigkeiten ergeben sich weiters beim Stand von 1969 dadurch, daß im ÖSTERR. GLETSCHERKATASTER doch einige Kleingletscher, die bei LANG (1989) beschrieben sind, unberücksichtigt blieben; da aber der Gletscherkataster im übrigen eine ganz ausgezeichnete und genaue Quelle darstellt, wurde aus Gründen der methodischen Einheitlichkeit auf die Einbringung der fehlenden Gletscher verzichtet.

Schließlich steht noch die Frage im Raum, inwieweit der Stand von 1969 für die heutige Vergletscherung (1992/93) repräsentativ ist, zumal es bis in die frühen 80er-Jahre des 20. Jahrhunderts noch Vorstöße an manchen Gletschern gab, seit damals aber ein genereller Gletscherrückgang zu verzeichnen ist. Hierzu ist zu sagen, daß die seit 1969 eingetretenen Veränderungen im Einzelfall sehr bedeutend sein können (z.B. Wurtenkees, Goldberggruppe), daß sich am großräumigen Gesamtbild aber nur wenig geändert hat: Würde man die jüngsten Kartengrundlagen (von fast allen Österreichischen Karten, die die Kärntner Gletscher beinhalten, gibt es Neuaufnahmen aus den 80er-Jahren) auswerten - was angesichts der in der amtlichen Kartographie den Gletschern zuerkannten Aufmerksamkeit gar nicht unproblematisch

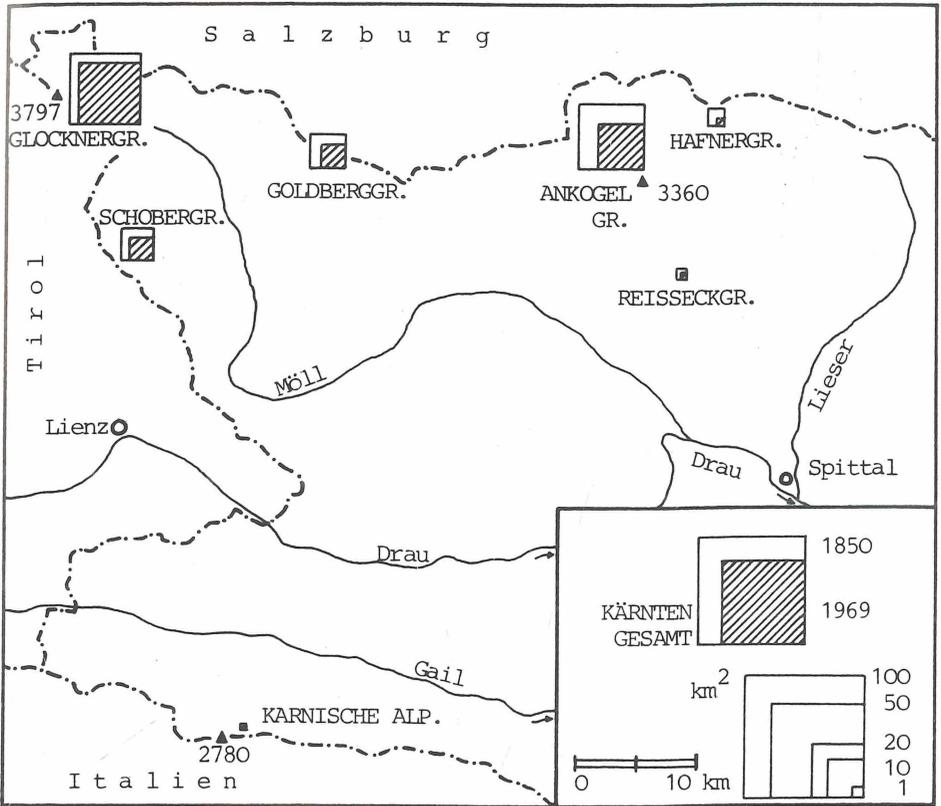
matisch wäre - und mit dem Stand von 1969 vergleichen, so wären Unterschiede zu erwarten, die in vielen Fällen kaum über die erreichbare Auswertegenauigkeit hinausgingen und die in dieser Arbeit gebotenen Werte nur minimal veränderten. Aus diesem Grund konnte auf eine Neubearbeitung eines jüngeren Standes verzichtet werden, was aber nicht heißen soll, daß in den nächsten Jahren die Erstellung eines neuen, methodisch einheitlichen Gletscherkatalogs für ganz Österreich nicht doch wünschenswert wäre.

2. Veränderungen von Gletscherflächen und -längen

Für diese einfach zu ermittelnden Basisgrößen liegt schon eine Auswertung bei LANG & LIEB (1993) vor, weshalb an dieser Stelle nur wenige Grundtatsachen wiederholt und einige Ergänzungen gebracht werden. Eine Übersicht über die Verteilung der Gletscherflächen nach Gebirgsgruppen und deren Rückgang im gegenständlichen Zeitraum bietet Abb.1. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß sich die der Darstellung zugrunde liegenden Daten auf die in den Flußeinzugsgebieten von Möll, Lieser und Gail gelegenen Gletscherflächen beziehen. Dadurch ergeben sich Diskrepanzen zu den administrativ zu Kärnten gehörenden Gletscherarealen: Ein größerer Teil des Leiterkeeses (Glocknergruppe) liegt auf Tiroler, ein kleinerer des Kleinfleißkeeses (Goldberggruppe) auf Salzburger Boden, während umgekehrt der Großteil des Nährgebietes des im Einzugsgebiet der Salzach befindlichen Nördl. Bockkarkeeses (Glocknergruppe) zu Kärnten gehört. Bei LANG & LIEB (1993) wurden grundsätzlich alle Gletscher, an denen Kärnten Anteil hat, zur Gänze berücksichtigt, in der vorliegenden Arbeit hingegen grundsätzlich (mit Ausnahme von Abb.2) das Bockkarkees wegen seiner Lage an der Nordabdachung der Hohen Tauern ausgeschlossen, was die Unterschiede in den entsprechenden Angaben erklärt - die in Abb.1 veranschaulichten Werte der Gesamtgletscherfläche betragen 79.277 km^2 für den Hochstand von 1850 und 47.657 km^2 für das Jahr 1969 (vgl. auch Tab.5). Der Vollständigkeit halber seien noch die streng innerhalb der Landesgrenzen gelegenen Gletscherflächen mitgeteilt: Sie lauten 80.757 km^2 (1850) bzw. 49.264 km^2 (1969).

Der Rückgang der Gesamtgletscherfläche betrug demnach 39.9 % bezogen auf den Hochstand von 1850, welcher Wert sich gut in den aus anderen Alpengebieten bekannten Rahmen fügt: So geben beispielsweise GROSS (1987: 136) 46.4 % für die gesamten österreichischen Alpen, MAISCH (1988: 118) 40 % für Graubünden oder FLECK (1992: 71) 48.8 % für die Rieserfernergruppe an. Eine genaue Betrachtung zeigt indessen starke räumliche Unterschiede des Flächenrückganges, der absolut in der Ankogelgruppe, relativ hingegen in deren schwach vergletscherten Randgebieten,

Abb.1: Maßstäbliche Darstellung der Verteilung der Gletscherfläche in Kärnten nach Gebirgsgruppen 1850 und 1969

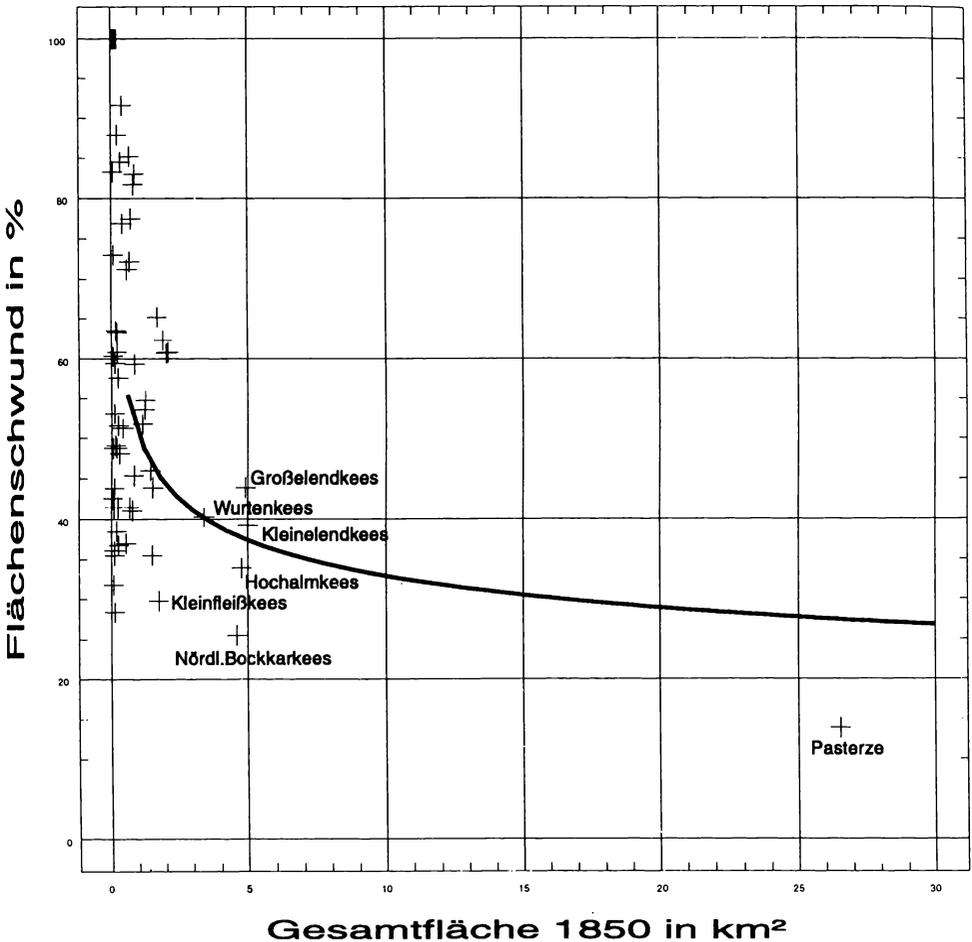


der Hafner- und der Reisseckgruppe, am größten war. Im Gegensatz dazu fällt die Glocknergruppe mit einem absolut zwar bedeutenden, relativ aber außerordentlich geringen Flächenverlust auf. Wie schon bei LANG & LIEB (1993, dort auch die zugehörigen Daten in Tab.8) ausgeführt, hängt dies mit der Sonderstellung der Pasterze zusammen, die 1850 allein 33.5 % und 1969 sogar 41.5 % der Gletscherfläche Kärntens umfaßte. Eine gewisse Verfälschung der Daten in Richtung auf zu hohe Werte des Flächenverlustes ist besonders in der Hafnergruppe, wo der ÖSTERR. GLETSCHERKATASTER für 1969 zu wenige Gletscher beinhaltet, ins Kalkül zu ziehen.

Hier schließt die Frage an, ob sich auch an den Kärntner Gletschern der schon vielfach aufgezeigte Zusammenhang zwischen der Gletscherfläche und dem prozentuellen Flächenrückgang erkennen läßt. Zu diesem Zweck wurde das Datenmaterial in Anlehnung an die Auswertungen vom MAISCH (1987, 1988, 1989) und GROSS

(1987) einer Korrelations- und Regressionsanalyse unterzogen. Die Beziehung kann durch ein multiplikatives Modell beschrieben werden: Es hat für eine Stichprobe von 86 Gletschern (Weglassung eines Kleingletschers in der Ankogelgruppe, Hinzunahme des Nördl. Bockkarkeeses) die Form $y = ax^b$, wobei $a = 5.206$ und $b = -0.186$; der Korrelationskoeffizient beträgt -0.578 und das Bestimmtheitsmaß 33.39 . Die in Abb.2 veranschaulichte Beziehung zeigt, daß Gletscher mit zunehmender Größe zu relativ geringerem Flächenschwund tendieren. Trotz der geringen Größe der Stichprobe und des Fehlens von Gletschern in der Größenklasse zwischen 5 und 25 km^2 ist die Übereinstimmung mit den genannten Arbeiten sehr gut, weshalb für eine weiterführende Diskussion auf die dortigen Ausführungen verwiesen werden kann.

Abb.2: Regressionsdiagramm zwischen dem prozentuellen Flächenschwund 1850-1969 und der Gletschergröße



Interessant ist des weiteren eine Betrachtung der Flächenveränderungen nach Expositionen, wie sie Tab.1 ermöglicht. Auch hierbei fällt die Pasterze völlig aus dem Rahmen und wird daher gesondert und nicht beim Expositionsbereich S geführt. Es zeigt sich, daß der Flächenverlust absolut zwar im Expositionsbereich N wegen des hohen Anteils der Gletscherflächen in Schattlagen am größten ist, relativ hingegen im Expositionsbereich S. Dieser Umstand, auf den auch GROSS (1987:139) aufmerksam machte, signalisiert, daß sich im Beobachtungszeitraum die relative Gletscherungunst der sonnseitigen Lagen verschärft hat. In diese Richtung weist auch die Statistik der "verschwundenen" Gletscher, von denen sich im S-Sektor fast ebenso viele (14) wie im N-Sektor (10) und in den "neutralen" Expositionen W und E (5) zusammen befanden. Ähnliches ersieht man auch aus den Relativwerten, und zwar sind 45 % aller S-exponierten Gletscher um 1850 "verschwunden", während dieser Prozentsatz in N- und W/E-Exposition jeweils nur 29 und für alle Kärntner Gletscher nur 34 beträgt. Als "verschwunden" wurden hier alle Gletscher gewertet, die in meinem 1850-Inventar enthalten sind, aber im ÖSTERR.GLETSCHERKATASTER nicht aufscheinen, egal ob sie wirklich im Sinne der Arbeit von V.PASCHINGER (1959) völlig abgeschmolzen sind oder nicht (vgl. zu dieser Problematik auch LANG & LIEB 1993).

Ein ganz ähnliches Bild vermittelt die analog zu Tab.1 gestaltete Tab.2, die über die Rückgänge der Gletscherlängen (verstanden als Maximallänge einer der vermuteten Fließrichtung des Gletschers folgenden geschwungenen Linie) nach Expositionen Aufschluß gibt, wobei für diese Auswertung als einzige die Daten auch für 1969 selbst erhoben wurden. Auch hierbei fällt die Pasterze aus dem Rahmen, während die übrigen, zum S-Sektor exponierten Gletscher einen überdurchschnittlichen Längenverlust hinnehmen mußten.

Tab.1: Flächenverluste der Kärntner Gletscher 1850 - 1969 nach Expositionsbereichen

| Expositionsbereich, Gebiet | Fläche 1850 (Anzahl der Gletscher) | Flächenverlust (absolut) | Flächenverlust (relativ) |
|----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N (NW-N-NE) | 23.844 km ² (34) | 12.040 km ² | 50.5 % |
| W-E | 13.737 km ² (21) | 6.260 km ² | 45.6 % |
| S (SE-S-SW; ohne Pasterze) | 15.174 km ² (30) | 9.636 km ² | 63.5 % |
| Kärnten (ohne Pasterze) | 52.755 km ² (85) | 27.936 km ² | 53.0 % |
| Pasterze | 26.522 km ² (1) | 3.684 km ² | 13.9 % |
| Kärnten (mit Pasterze) | 79.277 km ² (86) | 31.620 km ² | 39.9 % |

**Tab.2: Längenverluste der Kärntner Gletscher 1850 - 1969 nach Expositions-
bereichen**

| Expositionsbereich, Gebiet | mittl. Länge 1850 (Anzahl der Gletscher) | mittl. Längen- verlust (absolut) | mittl. Längen- verlust (relativ) |
|----------------------------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| N (NW-N-NE) | 1006.2 m (34) | 459.1 m | 45.6 % |
| W-E | 1081.0 m (21) | 482.1 m | 44.6 % |
| S (SE-S-SW; ohne Pasterze) | 829.3 m (30) | 483.5 m | 58.3 % |
| Kärnten (ohne Pasterze) | 962.2 m (85) | 473.4 m | 49.2 % |
| Pasterze | 11350.0 m (1) | 1900.0 m | 16.7 % |
| Kärnten (mit Pasterze) | 1083.0 m (86) | 490.0 m | 45.2 % |

Zum Zustandekommen der Daten ist zu bemerken, daß für jeden Gletscher von 1850 die Längenrückgänge einzeln bestimmt und daraus die Expositions- bzw. Gebietsmittel gerechnet wurden; bei den "verschwundenen" Gletschern (siehe oben) war dabei der Längenverlust identisch mit der Länge von 1850; bei den 1969 in mehrere Teile zerfallenen Gletschern wurde die Längenänderung auf den jeweils längsten Nachfolgegletscher bezogen. Durch diesen Berechnungsmodus ergeben sich Unterschiede zu den Angaben bei LANG & LIEB (1993: besonders Tab.8), wo die Längenänderungen einfach als Differenz zwischen den mittleren Längen von 1850 und denen von 1969 (also basierend auf einer jeweils unterschiedlichen Anzahl von Gletschern) bestimmt wurden. Dort finden sich auch Hinweise auf die vergleichsweise geringe Änderung der Gesamtzahl der Gletscher: Obwohl, wie oben ausgeführt, 29 Gletscher (das sind 34 % der Gletscher von 1850) als "verschwunden" zu werten sind, beträgt der Rückgang der Gesamtzahl der Gletscher nur 13 (das entspricht einem Minus von 15 % gegenüber 1850). Als Ursache hierfür sind die bis 1969 bei 9 Gletschern von 1850 eingetretenen Gletscherteilungen (vgl. dazu auch Abb.7) zu nennen, wobei das in nicht weniger als 6 Kleingletscher zerfallene Pleßnitzkees (Ankugelgruppe) das Extrembeispiel darstellt.

3. Der Anstieg der mittleren Höhen und Schneegrenzen

Zur Charakterisierung der Höhenlage der Gletscher ist deren mittlere Höhe eine erste orientierende Kenngröße. Sie steht für 1969 aus dem Gletscherkatster zur Verfügung und wurde für 1850 aus den hypsographischen Kurven (Kap.4) bestimmt. Aus den Werten der Einzelgletscher wurden über deren Flächen gewichtete Gebietsmittel gerechnet (die andere, hier nicht verwendete Möglichkeit wäre die Ermittlung aus der

hypographischen Kurve der jeweiligen Gesamtvergletscherung), die in Tab.3 mit-samt den Differenzen zwischen den beiden Vergleichsjahren zusammengestellt sind. Dabei zeigt der Wert für ganz Kärnten erwartungsgemäß einen Anstieg der mittleren Höhe der Gletscheroberfläche an, und zwar um 103 m, was im übrigen gut mit dem mittleren Anstieg der Höhenlage der Gletscherstirnen übereinstimmt (LANG & LIEB 1993: Tab.8). Auf die geringen Anstiegswerte in manchen Gebirgsgruppen (in der Reißbeckgruppe war sogar ein Absinken der mittleren Höhe festzustellen) wird in Zusammenhang mit den Schneegrenzen eingegangen.

Tab. 3: Mittlere Höhen der Gletscher Kärntens 1850 und 1969
(nach Gebirgsgruppen und über die Gletscherflächen gewichtet)

| Gebiet | KA | SC | GG | SO | AN | RE | HA | K |
|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|
| hm (1850) | 2245 (1) | 2778 (21) | 2854 (11) | 2734 (12) | 2745 (26) | 2659 (8) | 2725 (7) | 2790 (86) |
| hm (1969) | 2250 (1) | 2791 (16) | 2968 (17) | 2751 (5) | 2828 (25) | 2653 (6) | 2793 (3) | 2893 (73) |
| Differenz | + 5 | + 13 | + 114 | + 17 | + 83 | - 6 | + 68 | + 103 |

Anmerkungen: hm = mittlere Höhe in m; die Werte in () sind die Zahl der Gletscher im betreffenden Gebiet und Jahr; die pos. Vorzeichen bei den Differenzen zeigen einen Anstieg von 1850 auf 1969 an; K = Gesamtvergletscherung Kärntens (zu den Abkürzungen der Gebirgsgruppen siehe Tab.5).

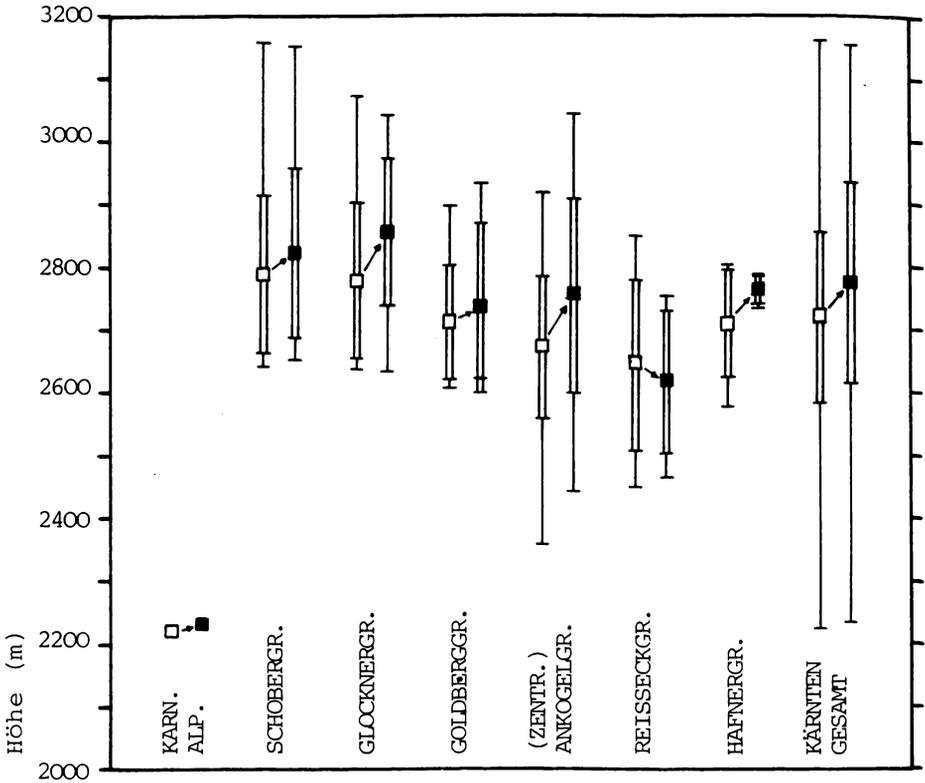
Etwas ausführlicher sollen im folgenden die für die Ernährungsbedingungen bzw. letztlich die Existenz von Gletschern entscheidenden Schneegrenzen diskutiert werden. Das vorliegende Datenmaterial erlaubt die Bestimmung der Schneegrenzen (verstanden als langjähriges Mittel der Gleichgewichtslinie) nach der heute allgemein anerkannten und üblichen Flächenteilungsmethode $S_c:S_a = 2:1$ (GROSS et al. 1977). Abb.3 veranschaulicht die dabei auftretenden Mittelwerte, Standardabweichungen und Wertspannen, während Tab. 4 die über die Gletscherflächen gewichteten Mittelwerte analog zu Tab.3 bietet.

Tab. 4: Mittlere Höhenlage der Schneegrenzen in Kärnten 1850 und 1969
(nach Gebirgsgruppen und über die Gletscherflächen gewichtet)

| Gebiet | KA | SC | GG | SO | AN | RE | HA | K |
|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|
| SG (1850) | 2220 (1) | 2729 (21) | 2699 (11) | 2677 (12) | 2682 (26) | 2621 (8) | 2695 (7) | 2691 (86) |
| SG (1969) | 2230 (1) | 2754 (16) | 2795 (17) | 2698 (5) | 2769 (25) | 2628 (6) | 2768 (3) | 2774 (73) |
| Differenz | + 10 | + 25 | + 96 | + 21 | + 87 | + 7 | + 73 | + 83 |

Anmerkungen: SG = mittlere Höhenlage der Schneegrenzen; übrige Anmerkungen wie Tab.3.

Abb. 3: Mittelwerte, Standardabweichungen und Extremwerte der Schneegrenzen 1850 und 1969 nach Gebirgsgruppen



Anmerkungen: Jeweils links 1850, rechts 1969; das kleine Quadrat bezeichnet den Mittelwert, die Doppellinie die Standardabweichung und die einfache Linie die Gesamtspannweite der Werte; der Pfeil symbolisiert die Änderung der Mittelwerte von 1850 auf 1969.

Das hier betrachtete Gebiet ist zu klein und - einmal abgesehen von den Karnischen Alpen und ihrem einzigen Gletscher im Eiskar - klimatisch durch die Lage südl. des Tauernhauptkammes zu homogen, als daß zwischen den einzelnen Gebirgsgruppen so markante Differenzen in der absoluten Höhenlage der Schneegrenze und in deren Veränderung seit 1850 auftreten würden, daß eine Bearbeitung über Trendflächenanalysen sinnvoll erschiene. Zwar lassen die Mittelwerte der Schneegrenzen von 1850 einen Anstieg von den östl. zu den westl. Gebirgsgruppen um rund 100 m (Differenz zwischen den Werten für die Reißbeck- und die Schobergruppe 108 m) erkennen, was der Vorstellung einer in dieser Richtung zunehmenden kontinentalen

Klimatönung entspricht, doch sind diese Gegensätze in sehr hohem Maße durch die topographische Besonderheiten der Teilgebiete (z.B. tiefe Schneegrenzlagen in der Reißbeckgruppe durch zahlenmäßige Dominanz von Gletschern in schattseitigen Wandfußlagen) zu erklären. An der N-Abdachung der Hohen Tauern, wo die Mittelwerte der Schneegrenzen deutlich tiefer liegen, wäre aber - in Analogie zu den Verhältnissen in Graubünden (MAISCH 1988) - unter Umständen ein geringerer Schneegrenzanstieg als an der Tauern-S-Seite zu erwarten, doch stehen entsprechende Untersuchungen noch aus. Hinzuweisen ist noch auf die aus Abb.3 ersichtliche Tatsache, daß die Einzelwerte bei den statistisch gut belegten Gebirgsgruppen und im Gesamtgebiet 1969 stärker um die Mittelwerte streuen als 1850, was durch sekundäre Verteilungsmaxima einerseits in den höheren und andererseits in den tieferen Höhenbereichen zustande kommt, die sich vor allem im Gefolge der erwähnten Gletscherteilungen von 1850 auf 1969 neu eingestellt haben.

Der sich als Mittel für das Gesamtgebiet ergebende Schneegrenzanstieg von 83 m (Tab.4) paßt überraschend gut zu dem von MAISCH (1988: 128) für Graubünden mitgeteilten, erscheint aber gegenüber dem gesamtösterreichischen Mittel von 94 m (GROSS 1987: Abb.2) zu tief, auch wenn man wie dort die hypsographischen Kurven der Gesamtvergletscherungen der Berechnung zugrunde legt. Vor allem in den Karnischen Alpen sowie in der Goldberg-, Schober- und vor allem Reißbeckgruppe fallen aber außerordentlich geringe Schneegrenzanstiege (und auch geringe Anstiege bzw. in der Reißbeckgruppe ein Absinken der mittleren Höhe, siehe oben) auf. Diese sind durch die für die betreffenden Gebirgsgruppen typische zahlenmäßige Dominanz von an besondere topographische Gunstlagen (steil umrahmte Kare, Wandnischen, extreme Wandfußsituationen) gebundenen, meist kleinen Gletschern zu begründen. MAISCH (1989: 480 und Abb.8) hat in diesem Zusammenhang treffend 3 Typen von Gletschern mit jeweils modellhaft entwickelten Längsprofilen unterschieden, wobei der dortige 3.Type ("Kargletscher in muldenförmiger Nische gelegen") in Kärnten so häufig ist und bei den Einzelwerten mehrfach statt des zu erwartenden Schneegrenzanstiegs im Beobachtungszeitraum sogar ein Absinken mit sich brachte, was in den betreffenden Mittelwerten seinen Niederschlag fand. Freilich handelt es sich dabei natürlich auch um ein methodisches Problem, denn die hier ausschließlich verwendete Flächenteilungsmethode nach GROSS et al. (1977) stößt bei Gletschern mit besonderen topographischen Gegebenheiten (z.B. Steilstufen, Wandfußlagen) und bei nicht im Gleichgewichtszustand befindlichen Gletschern rasch an ihre Grenzen (vgl. dazu etwa GROSS 1983: 61 und zuletzt KERSCHNER 1990: 303 f.).

Um den Wert der Schneegrenzanhebung in Kärnten noch besser zu belegen, habe ich eine Sonderauswertung vorgenommen, die jene 32 Kärntner Gletscher umfaßt, welche nicht in den kritischen topographischen Positionen liegen und zweifelsfrei

bestimmbare Anhebungsbeträge der Schneegrenze lieferten. Aus dieser allerdings kleinen Stichprobe errechnet sich ein mittlerer Schneegrenzanstieg für den Beobachtungszeitraum von 89.4 m bzw. über die Gletscherflächen von 1850 gewichtet ein solcher von 92.6 m. Dieser Wert liegt nun dem von GROSS (1987; siehe oben) näher und ist sicherlich etwas besser als der von Tab.4. Alle hier diskutierten Angaben erscheinen auch klimatisch sinnvoll (vgl. etwa MAISCH 1988), widersprechen aber doch dem "traditionell" angegebenen Anstieg von 200 m (z.B. PATZELT 1973 mit ausführlicher Begründung oder SLUPETZKY 1986). Tatsächlich signalisieren auch im vorliegenden Untersuchungsgebiet manche Einzelwerte und vor allem die verschwundenen Gletscher einen über die errechneten Werte hinausgehenden Schneegrenzanstieg, doch ist dieser mit der hier gewählten Methodik eben nicht faßbar.

4. Wandlungen in der hypsometrischen Verteilung

Nachdem die Berechnung von Schneegrenzen und mittleren Höhen im vorigen Kapitel schon die hypsometrische Analyse der Gletscherflächen zur Voraussetzung hatte, lohnt nun die genaue Betrachtung derer selbst. Dabei wird im folgenden grundsätzlich nicht mehr mit Einzelgletschern, sondern ausschließlich mit den Flächenverteilungen in den einzelnen Gebirgsgruppen bzw. in ganz Kärnten operiert, so wie diese in Tab.5, worin dieselbe Gebietsgliederung wie bei Tab.3 und 4 verwendet wird, zusammengestellt sind. Diese Tab. zeigt also die Grunddaten für alle weiteren Darstellungen und Überlegungen. Die vertikale Spannweite der Vergletscherung Kärntens betrug dabei 1810 m beim Hochstand von 1850 und 1630 m im Jahre 1969, wobei die Pasterze (Glocknergruppe) alle Extreme (jeweils tiefster und höchster Punkt der Gesamtvergletscherung) in sich vereinigte; die Daten geben ein detailliertes Bild über die verschiedenen Gegebenheiten in den einzelnen Teilgebieten.

Die Höhenverteilung der Flächen der Kärntner Gesamtvergletscherung und der prozentuellen Flächenänderungen in jeder Höhenstufe wird durch Abb.4 veranschaulicht. Diese Darstellung zeigt im ersten Eindruck sehr gut die Flächenverluste, wobei die Form des Flächen-Verteilungsdiagrammes sich im Höhenbereich oberhalb von 2600 m nur wenig verändert hat, das Maximum aber um eine Stufe nach oben gerückt ist. Die relativen Flächenänderungen bezogen auf den gesamten Flächenverlust (durchgezogene Kurve in Abb.4 b) haben erwartungsgemäß ihr Maximum in den mittleren Höhenstufen (vgl. auch GROSS 1987: Abb.2), der auf die Fläche der jeweiligen Höhenstufe bezogene Flächenschwund hingegen (Stufendiagramm in Abb.4 b) nimmt von oben nach unten zu, wobei eine genauere Betrachtung aber zwei Besonderheiten erkennen läßt. Die erste ist der in den höchsten Höhenstufen absolut und relativ geringere Flächenrückgang, wie er auch aus anderen Alpengebieten bekannt ist (vgl. z.B. FINSTERWALDER 1953: 200) und

Tab.5: Flächenverteilung der Vergletscherung Kärntens nach Gebirgsgruppen und 100 m-Höhenstufen 1850 und 1969
(Quelle: für 1850 eigene Auswertungen, für 1969 ÖSTERR. GLETSCHIERKATASTER)

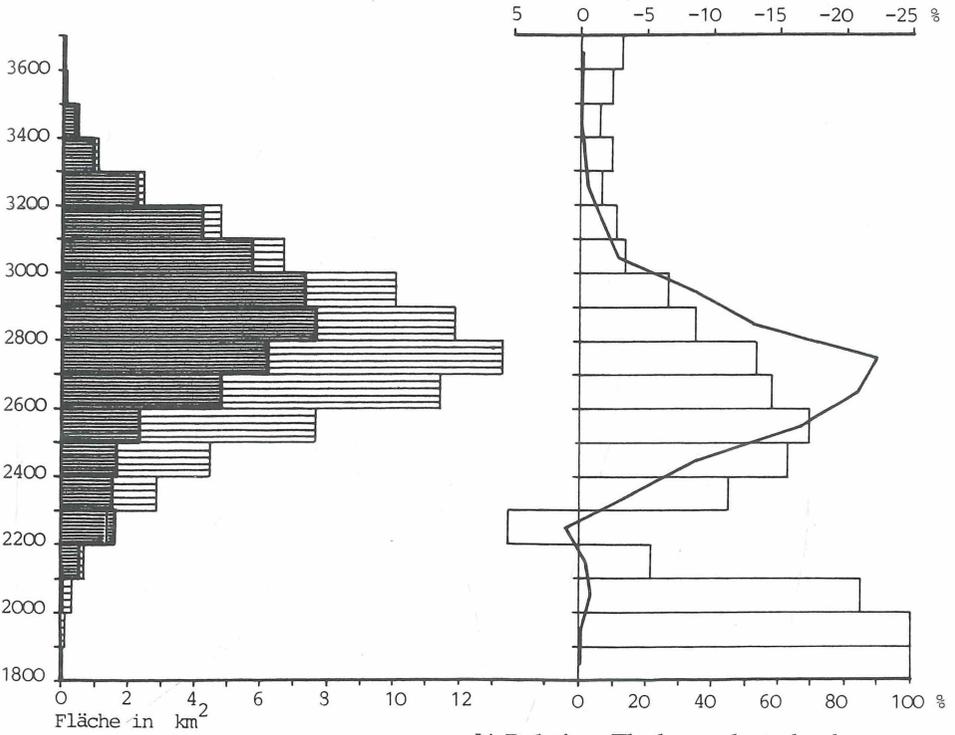
| OGH | KA1850 | KA1969 | SC1850 | SC1969 | GG1850 | GG1969 | SO1850 | SO1969 | ANI1850 | ANI1969 | RE1850 | RE1969 | HA1850 | HA1969 | K 1850 | K 1969 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 3700 | | | | | 0.016 | 0.014 | | | | | | | | | 0.016 | 0.014 |
| 3600 | | | | | 0.096 | 0.087 | | | | | | | | | 0.096 | 0.087 |
| 3500 | | | | | 0.422 | 0.397 | | | | | | | | | 0.422 | 0.397 |
| 3400 | | | | | 1.030 | 0.938 | | | 0.027 | 0.020 | | | | | 1.057 | 0.958 |
| 3300 | | | | | 2.240 | 2.152 | | | 0.206 | 0.127 | | | | | 2.446 | 2.279 |
| 3200 | | | | | 3.799 | 3.567 | | | 0.848 | 0.604 | | | | | 4.765 | 4.238 |
| 3100 | | | | | 4.538 | 4.156 | | | 1.663 | 1.305 | | | | | 6.689 | 5.779 |
| 3000 | | | | | 4.073 | 3.655 | | | 3.823 | 2.537 | | | 0.024 | | 10.035 | 7.361 |
| 2900 | | | | | 0.800 | 3.748 | | | 4.580 | 3.143 | 0.085 | 0.020 | 0.434 | 0.113 | 11.818 | 7.694 |
| 2800 | | | | | 3.074 | 1.775 | | | 5.479 | 2.605 | 0.247 | 0.132 | 0.776 | 0.140 | 13.268 | 6.224 |
| 2700 | | | | | 2.305 | 1.127 | | | 4.538 | 2.093 | 0.256 | 0.092 | 0.518 | 0.005 | 11.382 | 4.812 |
| 2600 | | | | | 2.654 | 0.623 | | | 3.088 | 1.049 | 0.123 | 0.060 | 0.202 | | 7.647 | 2.371 |
| 2500 | | | | | 2.349 | 1.257 | | | 1.566 | 0.128 | 0.131 | 0.059 | | | 4.468 | 1.680 |
| 2400 | | | | | 1.883 | 1.486 | | | 0.814 | 0.051 | 0.025 | | | | 2.820 | 1.561 |
| 2300 | | | | | 0.605 | 1.497 | | | 0.598 | 0.028 | | | | | 1.351 | 1.635 |
| 2200 | | | | | 0.303 | 0.498 | | | 0.306 | 0.005 | | | | | 0.661 | 0.521 |
| 2100 | | | | | 0.292 | 0.046 | | | | | | | | | 0.298 | 0.046 |
| 2000 | | | | | 0.037 | | | | | | | | | | 0.037 | |
| 1900 | | | | | 0.001 | | | | | | | | | | 0.001 | |
| F(ges.) | 0.258 | 0.151 | 7.032 | 3.251 | 33.465 | 26.033 | 8.165 | 3.906 | 27.536 | 13.695 | 0.867 | 0.363 | 1.954 | 0.258 | 79.277 | 47.657 |
| n | 1 | 1 | 21 | 17 | 11 | 16 | 12 | 5 | 26 | 25 | 8 | 6 | 7 | 3 | 86 | 73 |
| h(max.) | 2420 | 2390 | 3200 | 3180 | 3700 | 3700 | 3120 | 3120 | 3350 | 3340 | 2900 | 2880 | 2950 | 2890 | 3700 | 3700 |
| h(min.) | 2020 | 2160 | 2400 | 2520 | 1890 | 2070 | 2270 | 2385 | 2100 | 2180 | 2340 | 2420 | 2520 | 2670 | 1890 | 2070 |

Erläuterungen: OGH = Obergrenze der betreffenden 100 m-Höhenstufe; KA = Karnische Alpen; SC = Schobergruppe; GG = Glocknergruppe; SO = Goldberg(Sonnblick-)gruppe; AN = Ankogelgruppe, zentraler Teil; RE = Reifseckgruppe; HA = Hafnergruppe; K = Kärnten, Gesamtvergletscherung; F(ges.) = Gesamtfläche; n = Zahl der Gletscher; h(max.) = höchster Punkt der Vergletscherung; h(min.) = tiefster Punkt der Vergletscherung; alle Flächenangaben in km², alle Höhenangaben in m.

der Vorstellung entspricht, daß unter zunehmend gletscherungünstiger werdenden Klimabedingungen die tieferen Lagen sensibler als die höheren reagieren. Die zweite und wichtigere ist die auffällige Sondersituation im Bereich zwischen 2100 und 2400 m: In diesen Höhenstufen ist der (auf die jeweilige Höhenstufe) bezogene relative Flächenschwund wesentlich geringer als in den benachbarten, und zwischen 2200 und 2300 m war sogar eine Flächenzunahme zu verzeichnen (ähnliches bringen auch die Prozentwerte des Gesamtverlustes zum Ausdruck). Dieser bemerkenswerte Effekt ergibt sich daraus, daß an der Pasterze durch das Einsinken der Gletscheroberfläche 1969 (und auch noch 1992/93) ein sehr großer Teil der Gletscherzunge in dieser Höhenstufe lag, während diese beim Hochstand von der steilen Abwölbung des Gletschers unterhalb der Franz-Josefs-Höhe eingenommen wurde und die größten Flächenanteile der Gletscherzunge auf höhere Stufen entfielen.

Die Daten von Tab.5 können kumulativ in hypsographischen Kurven dargestellt und aus deren normierter Form (Höhen- und Flächenangaben in Prozenten) Normalkurven gewonnen werden, die die prozentuelle Flächenverteilung bezogen auf 10, von unten nach oben numerierte Höhenstufen veranschaulichen. Solche Normalkurven beinhaltet Abb.5 für die Gesamtvergletscherung Kärntens und für jene Gebirgsgruppen, in denen die Zahl der Gletscher und die vertikale Erstreckung der Vergletscherung eine Konstruktion sinnvoll erscheinen ließen (was in den Karnischen Alpen sowie in der Hafner- und Reißbeckgruppe nicht der Fall war). Das Konstruktionsprinzip (das auf AHLMANN zurückgeht) und die Grundregeln der Interpretation sind bei WILHELM (1975: 288 ff.) erläutert; dabei ist in erster Linie von Bedeutung, daß eine Typisierung von Gletschern nach "geodätischen" Merkmalen bzw. bedingt nach ihrer Ernährungsweise möglich wird. Überlegungen in diese Richtung sind im vorliegenden Fall aber nur mit Vorbehalten zulässig, weil die Kurven ja aus den hypsographischen Daten der jeweiligen Gesamtvergletscherung, also aus den höhenpezifischen Flächenanteilen verschiedener Gletscher, abgeleitet wurden. Zu beachten ist des weiteren, daß die Höhenintervalle natürlich bei jeder Gebirgsgruppe und innerhalb derselben beim Stand von 1850 und 1969 jeweils andere absolute Höhenbereiche umfassen.

Abb. 4: Verteilung der Gletscherflächen in Kärnten nach 100 m-Höhenstufen 1850/1969 und der prozentuelle Flächenverlust

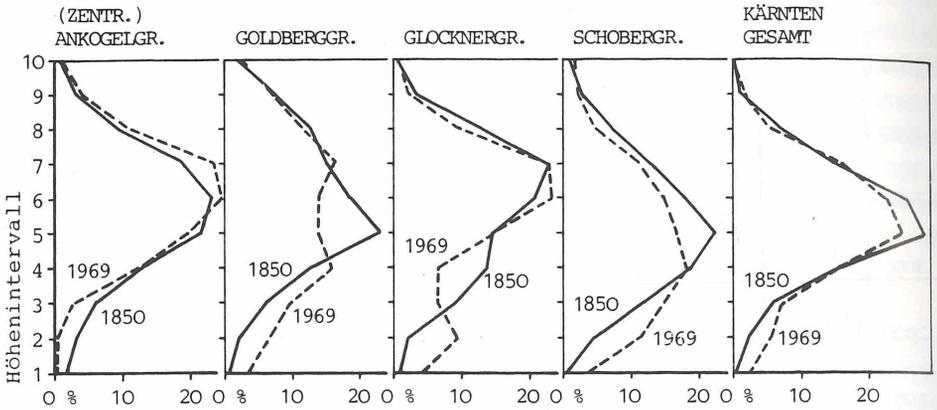


a) Verteilung der Gletscherflächen(absolut) nach 100 m-Höhenstufen; enge Schraffur = 1969; weite Schraffur = 1850.

b) Relativer Flächenverlust; durchgezogene Kurve und Skala oben = bezogen auf den gesamten Flächenverlust 1850/1969; Stufen und Skala unten = bezogen auf die Fläche der jeweiligen Höhenstufe 1850.

Vor diesem Horizont würde eine Detailinterpretation der Kurven, die ein weites Ausholen in die topographischen Spezifika der einzelnen Gebirgsgruppen erforderte, den vorgegebenen Rahmen sprengen, weshalb nur auf einige besonders wichtige Sachverhalte eingegangen werden soll. Vorerst zeigt sich, daß der Kurvenverlauf für ganz Kärnten sich im gegenständlichen Zeitraum nur wenig verändert hat, was in Richtung eines von 1850 auf 1969 unveränderten Gletschertyps weist - die Flächenmaxima jeweils im 5. Höhenintervall und der recht symmetrische Kurvenverlauf passen bei Einzelgletschern zum für weite Teile der Alpen typischen Firnmulden- bzw. Kargletschertyp. Interessant ist bei der Kurve des Gesamtgebietes von 1969 die Zunahme der Flächenanteile gegenüber 1850 in den tieferen Höheninter-

Abb. 5: Normalkurven der Gesamtvergletscherungen einzelner Gebirgsgruppen und Kärntens 1850 und 1969



vallen, die sich auch in den Normalkurven der Goldberg-, Glockner- und Schobergruppe abbildet und ebenso bei noch mehr ins Detail gehenden Studien, wie sie etwa in der Schobergruppe (LIEB 1987) und in der Rieserfernergruppe (FLECK 1992) durchgeführt wurden, festzustellen war. Die Interpretation dieser Erscheinung ist schwierig, doch scheint sie gletscherabträgliche Verhältnisse insofern zu signalisieren, als größere Anteile der jeweiligen Gesamtgletscherfläche sich in den verstärkt abschmelzungsanfälligen tieferen Lagen befinden; diesen Effekt hat BÖHM (1984: 47 f.) sehr instruktiv für den Alteck-Teil des Wurtenkeeses (Goldberggruppe), der spätestens seit den 60er-Jahren des 20. Jahrhunderts gleichsam nur mehr einen "Toteiskörper" darstellte, beschrieben. In der Tat handelt es sich bei allen Gebieten, in denen in Abb.5 die Normalkurven von 1969 in den unteren Höhenintervallen rechts von denen von 1850 liegen, um den flächenmäßigen Einfluß höchst inaktiver, seit 1969 auch in starkem Rückzug befindlicher Gletscherzungen: Im Falle der Goldberggruppe ist es das Wurtenkees (für Details des Gletscherverhaltens vgl. BÖHM 1984), in der Glocknergruppe die Pasterze (WAKONIGG 1991) und in der Schobergruppe schließlich das Göbnitzkees (LIEB & SULZER 1993). Demgegenüber zeigt die Ankogelgruppe eine günstigere Konstellation der hypsometrischen Flächenverteilung, und damit übereinstimmend sind in diesem Gebiet auch die meisten der vermessenen (großen) Gletscher in der Vorstoßperiode zwischen 1965 und 1980 vorgerückt (LANG 1979).

5. Übersicht und ergänzende Fragen zum Gletscherschwund

Die quantitative Auswertung der Veränderungen an den Kärntner Gletschern hat den Gletscherschwund anhand verschiedener Kenngrößen sehr eindrucksvoll aufgezeigt. Zwar ist die Zahl der Gletscher nur geringfügig zurückgegangen, doch illustriert gerade auch dieser in den Gletscherteilungen begründete Sachverhalt den Gletscher-rückgang sehr gut. Dieser kommt natürlich am deutlichsten bei Betrachtung der Größenparameter zum Ausdruck. So haben alle Gletscher an Länge und an Fläche verloren, wobei die kleinen und die zum S-Sektor exponierten, von denen überdurchschnittlich viele auch vollständig abgeschmolzen sind, am stärksten betroffen waren. Diese Veränderungen waren mit einem Zurückweichen der Vergletscherung in höhere Lagen verknüpft, die der Anstieg der Gletscher-Untergrenzen, der mittleren Höhen und der Schneegrenzen - jeweils um ähnliche Beträge in der Größenordnung von 100 m - illustriert. Bezogen auf Höhenstufen waren die größten absoluten Flächenverluste in den mittleren Höhenbereichen und eine relative Zunahme der Flächenanteile in den tieferen Lagen zu verzeichnen, welche letztere Erscheinung einen hypsometrischen Ungunstoffaktor für die Vergletscherung darstellt.

Trotz der nun recht detaillierten Kenntnis über den Gletscherschwund muß festgestellt werden, daß jene Größe, die erst dessen volle Tragweite offenbaren würde, nämlich der Volumsverlust, in dieser Studie gar nicht zur Sprache gekommen ist. Die Bestimmung von Volumen und Volumsänderungen an Gletschern sind, wenn sie exakt sein sollen, sehr aufwendig und daher nur von wenigen Gletschern verfügbar, wobei für Kärnten die Arbeiten von BÖHM (1984) und BÖHM & STROBL (1987) in der Goldberggruppe besonders hervorgehoben werden müssen. In der Schobergruppe habe ich aber ein Näherungsverfahren zur Bestimmung des Volumsverlustes erprobt, das auf dem Vergleich von hypsographischen Kurven des jeweils älteren Gletscherstandes mit dem jeweils jüngeren, ergänzt durch das eisfrei gewordene Gelände innerhalb der Umrisse des älteren, beruht und recht zufriedenstellende Werte ergibt (LIEB 1987: 188 ff.). Auf dieser Basis können auch für größere Gebiete relativ rasch solche Daten erhoben werden, und eine entsprechende Studie über die wichtigsten Kärntner Gletscher ist bereits in Vorbereitung.

Wie sich die quantitativen Veränderungen der Vergletscherung Kärntens im gegenständlichen Zeitraum gut in den gesamtalpinen Rahmen fügen, so gilt dies auch für den hier nicht näher behandelten Ablauf dieser Veränderungen. Für genauere Informationen wird auf die ausführliche Darlegung in der Monographie von LANG & LIEB (1993) verwiesen; an dieser Stelle sei nur bemerkt, daß sich zwar die Vorstoßperioden um 1920 und zwischen 1965 und 1980 an den Kärntner Gletschern gut abbilden, daß aber ein selbständiger Vorstoß um 1890 (noch ?) nicht nachzuweisen ist. Von Interesse ist dieser Vergletscherungsgang auch in Hinblick auf die in dieser

Arbeit mehrfach angesprochene Frage der Gletscherteilungen (von denen sich seit 1969 einige weiteren ereignet haben). Außer dem Hinweis von BÖHM (1984: 46) auf für die Gletscherentwicklung besonders wichtige Höhenstufen, an denen sich Abschnürungen von Gletscherteilen entwickeln können, und außer der wenigstens in Einzelfällen gegebenen Kenntnis der Jahre, in denen die Teilungen stattgefunden haben, sind hierzu noch keine genaueren Informationen verfügbar.

Abb. 6: Blick vom Ankogel (3250 m) nach SE auf das Kälberspitzkees, links im Hintergrund das Großelendkees (Ankogelgruppe). Der in einer flachen Karmulde gelegene Gletscher bedeckte 1969 ein Areal von $0,8 \text{ km}^2$, 1850 hingegen ein solches von $2,1 \text{ km}^2$. Damals reichte er, wie die gut erkennbare Schuttgrenze am Rand des Vorfeldes zeigt, bis an den linken unteren Bildrand. (Foto: LIEB vom 12.8.1991)



Weitere lohnende Forschungsaufgaben im Zusammenhang mit der "Entgletscherung" seit dem Hochstand um 1850 stellen sich im Bereich der in Kap.1 angesprochenen Gletschervorfelder, die eine beachtliche Fläche, nämlich näherungsweise den in Tab.1 angegebenen Gletscherflächenverlust von 1850 auf 1969, einnehmen. Diese Areale sind durch ihre besondere geökologische Ausstattung (z.B. Vegetations-sukzession, aktuelle Morphodynamik) von höchstem Interesse, gerade auch als

naturwissenschaftliche Anschauungsbeispiele im Nationalpark Hohe Tauern, dem ja alle Gletscher der Schober-, Glockner- und zentralen Ankogelgruppe (das sind 78 % der Kärntner Gletscher und 94 % der gesamten Gletscherfläche von 1969) angehören. Bislang ist von den Gletschervorfeldern in Kärnten nur das der Pasterze genauer erforscht und durch einen Lehrweg erschlossen (vgl. LANG & LIEB 1993; mit Folgeliteratur), sodaß in diesem Bereich noch ein großer Bedarf an weiteren Aktivitäten herrscht. Die Abb.6 und 7, die anhand zweier sehr unterschiedlicher Beispiele den gegenständlichen Gletscherschwund veranschaulichen, mögen eine Anregung dazu darstellen, dem Gletschervorfeld als seit 1850 neu entstandenem Landschaftstyp im Hochgebirge besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Abb. 7: Blick vom Keeskopf (3081 m) nach ESE auf das östl. (links) und das westl. (rechts) Gradenkees, links oben das Petzeck (Schobergruppe). Die seit den 50er-Jahren des 20. Jahrhunderts voneinander getrennten Gletscher bedeckten 1969 zusammen eine Fläche von $0,6 \text{ km}^2$, 1850 bildeten sie mit $1,2 \text{ km}^2$ Fläche eine lange Zunge aus, die man sich nach unten aus dem Bild ziehend vorstellen muß. Ganz links im Bild ein intakter Blockgletscher. (Foto: LIEB vom 16.9.1982)



Dank

Für die Arbeiten zur Erstellung der Datei danke ich F.MELCHER, für die Mithilfe bei der Dateneingabe P.GERNGROSS, für die EDV-Auswertungen J.GSPURNING und für fachliche Diskussionen H.WAKONIGG (alle Graz).

Literatur

- BÖHM, R., 1984: Monographie der Gletscher der Goldberggruppe in den Hohen Tauern. Teil 1: Das Wurtenkees. Entwicklung des Gletschers seit 1850. - 79.-81. Jber. d. Sonnblick-Vereins (1981-1983), 3-59.
- BÖHM, R., & STROBL, J., 1987: Monographie der Gletscher der Goldberggruppe in den Hohen Tauern. Teil 2: Goldberggletscher und Kleines Fleißkees. Entwicklung der Gletscher seit 1850. - 82.-83. Jber. d. Sonnblick-Vereins (1984-1985), 3-44.
- FINSTERWALDER, R., 1953: Die zahlenmäßige Erfassung des Gletscherrückganges an Ostalpengletschern. - Z. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie 2/2, 189-239.
- FLECK, D., 1992: Physiogeographische Betrachtungen über die Rieserfernergruppe unter besonderer Berücksichtigung der Vergletscherungsgeschichte seit 1850. - Unpubl. geogr. Diplomarbeit, Univ. Graz, 104 S.
- GROSS, G., 1983: Die Schneegrenze und die Altschneelinie in den österreichischen Alpen. - In: Arbeiten zur Quartär- und Klimaforschung (FLIRI-Festschrift). Innsbrucker Geogr. Stud. 8, 59-83.
- GROSS, G., 1987: Der Flächenverlust der Gletscher in Österreich 1850 - 1920 - 1969. - Z. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie 23/2, 131-141.
- GROSS, G., KERSCHNER, H., & PATZELT, G., 1977: Methodische Untersuchungen über die Schneegrenze in alpinen Gletschergebieten. - Z. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie 12/2, 223-251.
- HOLZHAUSER, H., 1982: Neuzeitliche Gletscherschwankungen. - Geogr. Helv. 37/2, 115-126.
- KERSCHNER, H., 1990: Methoden der Schneegrenzbestimmung. - In: LIEDTKE, H. (Hrsg.), Eiszeitforschung. Darmstadt, 299-311.
- LANG, H., 1979: 80 Jahre Gletschermessungen in der Ankogel-Hochalmspitzgruppe. - Alpenvereinsjahrbuch 1979 (Zeitschr. 104), 16-27.
- LANG, H., 1989: Die Gletscher Kärntens. - Naturschutz in Kärnten 10, Klagenfurt, 92 S.
- LANG, H., & LIEB, G.K., 1993: Die Gletscher Kärntens. - Klagenfurt (im Druck).

- LIEB, G.K., 1987: Die Gletscher und Blockgletscher im Kärntner Teil der Schobergruppe und ihre Entwicklung seit dem Spätglazial. - Unpubl. Diss., Univ. Graz, 286 S.
- LIEB, G.K., & SULZER, W., 1993: Gletschermessungen in der Schobergruppe 1982-1992. - Österr. Geogr. Ges., Zweigstelle Graz, Mitteilungen 12, 4-6.
- MAISCH, M., 1987: Die Gletscher um "1850" und "HEUTE" im Bündnerland und in den angrenzenden Gebieten: Untersuchungen zur Höhenlage, Veränderung und räumlichen Struktur von Schneegrenzen. - Geogr. Helv. 42/2, 127-145.
- MAISCH, M., 1988: Die Veränderungen der Gletscherflächen und Schneegrenzen seit dem Hochstand von 1850 im Kanton Graubünden (Schweiz). - Z.Geomorph. N.F., Suppl.-Bd. 70, 113-130.
- MAISCH, M., 1989: Der Gletscherschwund in den Bündner-Alpen seit dem Hochstand von 1850. - Geogr. Rundschau 41/9, 474-482.
- ÖSTERR. GLETSCHERKATASTER, o.J.: Unpubl. Computerdaten. - Innsbruck.
- PASCHINGER, V., 1959: Die verschwundenen Gletscher der Ostalpen (seit dem letzten Hochstand um 1850). - Abh. d. Österr. Geogr. Ges. XVIII, 67 S.
- PATZELT, G., 1973: Die neuzeitlichen Gletscherschwankungen in der Venedigergruppe (Hohe Tauern, Ostalpen). - Z. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie 9/1, 5-57.
- SEGER, M., 1989: Landnutzungsanalyse aufgrund einer Farbinfrarot-Orthophotokarte. Erläuterungen zur Erstellung und zur interpretativen Analyse einer neuartigen Luftbildkarte der Glockner- und Schobergruppe im Nationalpark Hohe Tauern. - Mitt. Österr. Geogr. Ges. 131, 5-26.
- SLUPETZKY, H., 1986: Gletscherweg Obersulzbachtal. - Naturkundlicher Führer zum Nationalpark Hohe Tauern, Bd. 4. Innsbruck, 80 S.
- SLUPETZKY, H., & STROBL, J., 1988: Die Gletscher im Land Salzburg (nach dem österreichischen Gletscherkataster 1969). - In: Beiträge zur Geographie von Salzburg. Salzburger Geogr. Arb. 17, 163-180.
- WAKONIGG, H., 1991: Die Nachmessungen an der Pasterze von 1879 bis 1990. - Arb. Inst. f. Geogr. Univ. Graz 30 (H.PASCHINGER-Festschrift), 271-307.
- WILHELM, F., 1975: Schnee- und Gletscherkunde. - Lehrbuch der Allgemeinen Geographie III/3. Berlin, New York, 434 S.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Arbeiten aus dem Institut für Geographie der Karl-Franzens-Universität Graz](#)

Jahr/Year: 1992

Band/Volume: [31_1992](#)

Autor(en)/Author(s): Lieb Gerhard Karl

Artikel/Article: [Zur quantitativen Erfassung des Rückganges der Kärntner Gletscher vom Hochstand um 1850 bis 1969 231-251](#)