

Monographie der Gletscher der Goldberggruppe in den Hohen Tauern

Teil 2: Goldberggletscher und Kleines Fleißkees

Entwicklung der Gletscher seit 1850

Von Reinhard Böhm, Wien, und Josef Strobl, Salzburg.
Mit 16 Abbildungen, 9 Landschaftsbilder und 14 Gletscherkarten.

Zusammenfassung

Der zweite Teil der Monographie der Gletscher der Goldberggruppe hat die beiden um den Gipfel des Hohen Sonnblicks zentrierten, über die Fleißscharte zusammenhängenden Gletscher Kleines Fleißkees und Goldberggletscher zum Gegenstand. Zusammen mit dem ersten Teil, der das Wurtenkees zum Gegenstand hatte, sind damit die drei wichtigsten Gletscher der Goldberggruppe bearbeitet, die auch sonst häufig gemeinsam behandelt wurden.

Es werden das bisher erarbeitete Datenmaterial möglichst vollständig zusammengestellt und die bisher publizierten Arbeiten angeführt. Einer vollständigen Liste aller bisherigen Längenmessungen und Verweisen auf sonstige Messungen folgt eine einheitliche Bearbeitung des gesamten vorliegenden Kartenmaterials. Dieser Hauptteil präsentiert die Ergebnisse einer quantitativen Auswertung der im Anhang beigegebenen Karten, sowohl in tabellarischer wie auch in graphischer Form.

Als Übersicht die wichtigsten Ergebnisse: Der Goldberggletscher verkürzte sich von 3.7 km (1871) auf 3.2 km (1931) und 2.87 km (1979), verlor im gleichen Zeitraum an Fläche von 2.8 km² auf 2.3 km² und 1.9 km². Die mittlere Eisdicke reduzierte sich von 34 m (1871) auf 25 m (1931), 10 m (Minimum 1969) und dann auf 13 m, während das Volumen in der gesamten Periode auf etwa ein Viertel schrumpfte.

Demselben Trend folgte das Kl. Fleißkees: Längenverlust von 2.1 km (1871) bzw. 2.2 km (1930) auf 1.8 km (1979). Die Aufnahme von 1871 erwies sich für die weitere Auswertung für das Kl. Fleißkees als zu ungenau, sodaß im Vergleich von 1930 zu 1979 folgende Beträge gelten: Fläche Abnahmen von 1.6 km² auf 1.2 km², mittlere Dicke Abnahmen von 29 m auf 11.7 m (1969, Minimum) und Zunahme auf 16 m (1979) sowie das Volumen Abnahme von 45 Mio m³ auf 20 Mio m³. Für beide Gletscher ist zu beachten, daß der dokumentierte Minimalstand 1969 war und bis 1979 wieder ein beträchtlicher Zuwachs stattgefunden hatte, der allerdings in den heißen Sommern der beginnenden 80er Jahre wohl schon wieder verloren gegangen ist.

Den Abschluß bildet ein Vergleich dieser Daten mit den am Wurtenkees gewonnenen, die, wie zu erwarten war, auf Grund dessen besonderer Situation (s. 1. Teil) beträchtlich abweichen.

Summary

A Monography of the glaciers of the Goldberggruppe, Hohe Tauern, Austrian Alps. Part II: Goldberggletscher and Kleines Fleißkees - their development since 1850.

In this second part the development of two connected glaciers, the Goldberggletscher and the smaller Kl. Fleißkees, is described since the turning point in glacial history of 1850. In combination with the first part of this monography (dealing with the Wurtenkees), the three most prominent glaciers are by now documented in considerable detail.

After giving a general framework of geographic situation and longer-term development, this paper follows two main objectives: first of all, it has been tried to refer the reader to a complete update of glaciologically related research which has been done in this region. Short descriptions in the textual part (without reproducing already published results) are to be viewed in combination with the list of references.

Secondly, all available cartographic documents since 1871 have been transformed to a common scale to extract their quantitative volumetric and planimetric information. This has led to the compilation of numerous tables showing the changes in length, area, thickness and volume of both glaciers.

The snout of the Goldberggletscher has retreated about 900m since 1871, whereas the Kl. Fleißkees lost 370 m. (Total lengths 1979 were 2.87 km and 1.77 km respectively.) Mean thickness is now 13.2 m for the Goldberggletscher and 16.1 m (Kl. Fleißkees), down from over 30 m in the last century.

Of course, volume losses have been most dramatical in numerical terms, reducing the Goldberggletscher to about one quarter of its former ice mass. Comparisons for the Kl. Fleißkees start with 1930 (volume loss up to one third), because the 1871 map has been judged as being too inaccurate to permit quantitative analysis. Total volume amounts to 25049 (Goldberggletscher) and 19885 (Kl. Fleißkees) thousand cubic meters.

The minimum value for all of the above mentioned parameters is represented by the 1969 map, in the final decade of the period a slightly more favourable climate has resulted in a buildup of firn masses in accumulation areas and a subsequent halt in retreat. Data from the last years after 1979 indicate as a consequence of rather dry winters and hot summers that the glacial advance until 1981 may be a matter of the past.

Diese Arbeit wurde durch eine Subvention der Österreichischen Akademie der Wissenschaften unterstützt.

1. Einleitung

Im Wesentlichen handelt es sich bei der vorliegenden Arbeit um eine Fortsetzung der Monographie, die mit dem Wurtenkees (4) begonnen wurde. Um bestmögliche Vergleichbarkeit zu gewährleisten, soll das aufgearbeitete Material möglichst parallel zum 1. Teil präsentiert werden. Zwangsläufig ergeben sich aber in manchen Abschnitten andere Schwerpunkte, die sich aus der bisherigen Forschungstätigkeit an den hier behandelten Gletschern ableiten lassen.

Schon die Benennung als "Monographie" zeigt, daß im Mittelpunkt dieser Arbeit die möglichst vollständige Angabe aller bisher an den gegenständlichen Gletschern durchgeführten Forschungsarbeiten stehen soll. Um den Leser nicht nur mit einem Literaturverzeichnis zu konfrontieren, sind die wichtigsten Fragenkreise auch im Text kurz angesprochen und mit den entsprechenden Verweisen versehen. Es wurde aber nicht der Versuch einer vollständigen textlichen Aufarbeitung unternommen, da dies durch die meist gute Verfügbarkeit der Quellenliteratur als unnötig erschien.

Neben dieser Zusammenstellung bisheriger Ergebnisse stellte sich diese Monographie beginnend mit dem Wurtenkees die Aufgabe, das verhältnismäßig reichhaltige, einen großen Zeitraum umfassende, kartographische Material auf einen einheitlichen Stand zu bringen und nach kartometrischen Gesichtspunkten auszuwerten. Aus Gründen der aufwendigen kartographischen Darstellung wurden die anschaulichen Differenzkarten verschiedener Gletscherstände anderweitig publiziert (9). Das numerische Datenmaterial dieser Vergleiche liegt nunmehr hier in tabellarischer und z.T. auch in graphischer Form vor, ebenso die umgezeichneten Karten (aus sehr heterogenem Quellenmaterial) der untersuchten Zeitpunkte und die entsprechenden "Relativtopographien", d.h. die Karten der jeweiligen Eismächtigkeit.

Die Aufnahme von 1871 mußte für das Kl. Fleißkees leider aus der quantitativen Auswertung herausgenommen werden, da die gewonnenen Werte im Vergleich mit anderen Angaben, morphologischen Zeugen und Fotos als sehr unplausibel erschienen und einen allen sonstigen Daten zuwiderlaufenden Trend ergeben hätten. Die Landesaufnahme hatte offenbar diesen "abgelegenen Bereich" als nicht wichtig genug erachtet, um unter erschwerten Bedingungen die sonst gegebene Präzision zu gewährleisten.

Damit sind nun die drei "Hauptgletscher" der Goldberggruppe in einheitlicher Form bearbeitet, die bereits in anderen Arbeiten gemeinsam dargestellt wurden (z.B. 9, 10, 65). Während sich das Wurtenkees für den ersten Teil anbot, da dort der derzeitige glaziologische Arbeitsschwerpunkt liegt (Massenhaushaltsprojekt), tritt hier der eigentliche Zentralbereich der Goldberggruppe in den Mittelpunkt der Betrachtung. Die Hervorhebung als "Hauptgletscher" ist sicherlich bis zu einem gewissen Grad willkürlich, betrachtet man andere Gletscher mit ähnlicher Ausdehnung (Krumlkees, Weißenbachkees) in der unmittelbaren Umgebung. Zieht man jedoch das Vorliegen langjähriger Messungen und Beobachtungen und deren Dokumentation in zahlreichen Publikationen als qualitativen Maßstab der jeweiligen subjektiven Bedeutungseinschätzung mit heran, so muß man eindeutig eben diese drei Gletscher herausgreifen, da man zu einer umfassenden Darstellung gerade derart dynamischer Phänomene besonders auf früheres Material angewiesen ist.

Eine gemeinsame Untersuchung von Goldberggletscher und Kl. Fleißkees bietet sich allein schon durch den Zusammenhang der Eismassen in der Fleißscharte an, wo beide Eiskörper über den Alpenhauptkamm hinweg verbunden sind. Dazu kommen die historische, wissenschaftliche und touristische Bedeutung, die durch die dominante Lage des Sonnblickgipfels mit seinem Observatorium nur noch unterstrichen wird. Alle diese Aspekte erhöhten Interesses an diesen beiden wie auch am Wurtenkees sind sicherlich auf die Auswirkungen der bergbaulichen Aktivitäten in diesem Raum zurückzuführen, deren dominante Zonen sich noch heute im Erschließungsgrad von Teilgebieten zeigen und aus pragmatischen Gründen die wissenschaftliche Arbeit steuern.

Insgesamt dient also diese Arbeit der Zusammenstellung früherer Publikationen und der Veröffentlichung der kartometrischen Auswertung einer Folge von Gletscherkarten. Die textliche Umsetzung erfolgte nur soweit, als dies zur Interpretation der Tabellen und der

notwendigen Quellenkritik erforderlich ist. Die Anzahl der Tabellen wurde gegenüber dem 1. Teil etwas reduziert und konzentrieren sich nun auf eine nicht-redundante Wiedergabe der wesentlichen Erkenntnisse.

Diese sind nicht nur unter dem Aspekt einer "wertfreien Grundlagenforschung" zu sehen, sondern wenden sich an Interessenten aus den Bereichen Hydrologie, Klimatologie, Energiewirtschaft und Touristik. Alle diese Sparten sehen ein Hauptinteresse in einer prognostischen Umsetzung des Materials, die hier vorgelegte deskriptive Aufbereitung sollte ein Vorbereitungsschritt zur kausalen Untersuchung der Zusammenhänge mit steuernden Parametern sein.

1.1. Goldberggletscher

Einige lokale Besonderheiten sind zu beiden Gletschern anzumerken, während hinsichtlich der Lage und Formung auf die beiliegenden Karten als "konzentriertere Information" verwiesen sei. Gleich vorab bedarf es einer Namensklärung, denn die hier unter "Goldberggletscher" zusammengefaßten Eismassen sind schon seit alters mit verschiedenen Namen belegt und bilden heute auch keinen einheitlichen Eiskörper mehr.

Die beiden Verflachungen sind meist als Oberes und Unteres Vogelmaier-Ochsenkarkees bezeichnet - ein zwangsläufig vieldiskutierter Name. Steilstufen sind (recht anschaulich) das Obere und Untere Grupete Kees, während der oberste, südexponierte Abschnitt als Goldberggletscher auf Karten aufscheint. In Anlehnung an die ersten Längenmessungen (etwa 46) sei diese Bezeichnung aber für den ganzen, damals zusammenhängenden Bereich übernommen (also ohne Neunerkees und Kl.Sonnblickkees), um über eine einheitliche Bezeichnung zu verfügen. Die einzelnen Abschnitte sind auf Bild 1 gut zu erkennen, ebenso bietet diese Aufnahme einen guten Überblick über die gesamte Situation.



Bild 1 Goldberggletscher, Gesamtüberblick am 18. 9. 1982:

Für den Goldberggletscher bietet der gegenüberliegende Kamm vom Herzog Ernst nach Norden hervorragende Standorte, um das gesamte heutige Gletschergebiet mit seiner Umgebung überblicken zu können (Bild R. Böhm).

Das Goldbergkees war seit jeher dem menschlichen Interessensbereich am nächsten gelegen, es reicht am tiefsten herab und hatte daher mit Almbereichen unmittelbaren Kontakt. Ebenso war der Talschluß von Kolm-Saigurn ein frühes Zentrum des Bergbaus, der häufig zur jeweiligen Ausdehnung des Gletschers in Konkurrenz stand und deshalb für die vielen frühen Berichte von Schwankungen sorgte.

Ebenso war der Bergbau Voraussetzung für die Errichtung des Observatoriums am "anderen Ende" des Gletschers, das schon seit hundert Jahren für wertvollstes Datenmaterial sorgt.

1.2. Kleines Fleißkees

Dieser wesentlich "kompaktere" Gletscher an der Westküste des Hohen Sonnblicks gelangte erst wesentlich später in das unmittelbare Blickfeld. Erst der Bau des Observatoriums und die damit verbundene Unterkunftsmöglichkeit machte die Fleißcharte als Übergang vom Rauriser ins Mölltal attraktiv, während zur Zeit des Bergbaus die beiderseits des Hauptkammes gelegenen Stollen über die Goldzechscharte in Verbindung standen, da diese einen niedrigeren und weniger vergletscherten Übergang bietet. Bild 2 zeigt aus der Vogelperspektive sowohl Fleiß- als auch Goldzechscharte, die gesamte heutige Ausdehnung des Kl.Fleißkeeses wie auch dessen Erstreckung im vorigen Jahrhundert.

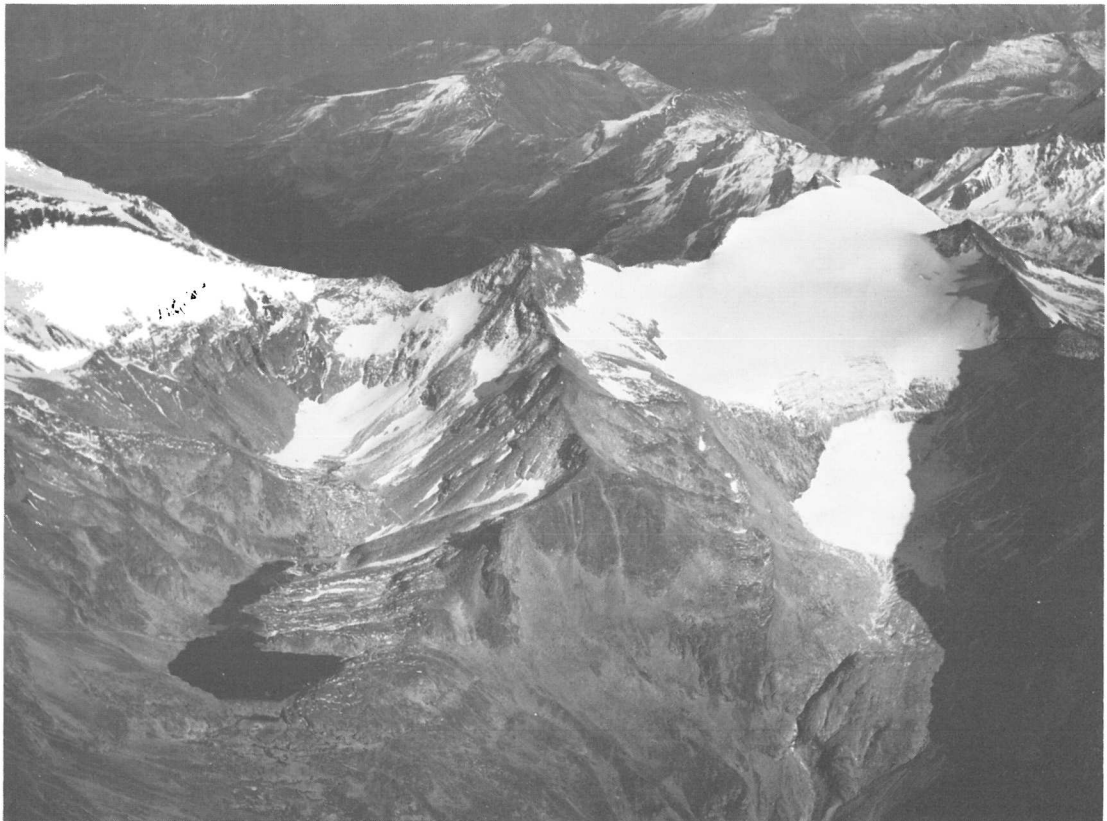


Bild 2 Kleines Fleißkees, Gesamtüberblick, Luftaufnahme vom 23. Oktober 1968:
Das Bild zeigt rechts das Kl. Fleißkees, links den (damals noch nicht gestauten) Zirmsee. Das Kl. Fleißkees reichte im vorigen Jh. noch über die Steilstufe hinab, die Moränen sind gut zu erkennen. Mittlerweile ist die Zunge noch weiter zurückgewichen, wodurch ein Zungensee entstand. (s. Bild 8 u. 9) (Foto Kelag, freigegeben vom BMfLV. mit Zl. 21.277-RAbtB168).

Auch die Stollenmündungen liegen im Bereich der Goldzechscharte, sodaß die Zunge des Kl.Fleißkeeses weniger Beachtung fand, was sich auch im vorliegenden Material, etwa der dort sehr ungenauen Karte der Landesaufnahme von 1871 ausdrückt. Heute bedingt die auf den Gipfel des Hohen Sonnblick zentrierte touristische Aktivität durch den kurzen Anstieg von Westen ein gesteigertes Interesse am Verhalten des Kl.Fleißkeeses.

2. Morphologische Beschreibung

Das Zusammenwirken von geologischer Ausgangssituation sowie Rhythmus von Hebungsphasen mit den während der Hebung der Alpen klimagesteuert wirksamen morphologischen Prozessen bildete die Rahmenbedingungen für die quartären Vergletscherungen. Da heute nur mehr eine sehr geringe, völlig dem Relief untergeordnete Vergletscherung vorhanden ist, läßt die Großformung gut die Spuren der tertiären Reliefgenese und dessen Akzentuierung und Überformung durch die mehrfache quartäre Vereisung erkennen. Lokale Details dazu haben etwa CH. EXNER (14), H. STELZER (64) und E. SEEFELDNER (57) zusammengetragen.

Auch im heute noch vereisten Bereich läßt ein Blick auf die Karte den charakteristischen Wechsel von Steilstufen und Gletscherböden auffallen, der für eine klare Gliederung der Gletscherflächen sorgt. Oberhalb des Trops von Kolm-Saigurn steigt der Hüttwinkel in einer mächtigen, 600 m hohen Steilstufe auf 2200 m an, wo die Zeugen der postglazialen Stände zu finden sind. Nach einer Verflachung folgt die Stufe des ehemaligen Unteren G'rupeten Kees, das bereits abgeschmolzen ist. Das Obere G'rupete Kees ist von einem eindrucksvollen Eisabbruch bedeckt, während die südostexponierte oberste Steilstufe heute ebenfalls völlig eisfrei ist und den Gletscher von seinem obersten Abschnitt trennt.

Beim Kl.Fleißkees sind die Stufen etwas verschoben, vom Gipfel ist ein sanfter Übergang in den großen Boden, der nach unten von einem Abbruch begrenzt wird, der heute nur mehr wenig oberhalb der Zunge verläuft. Die Steilstufe um 2500 m stellte für das Kl.Fleißkees eine besondere topographische Barriere dar, die im Postglazial nur geringfügig überwunden werden konnte, wie die spitz zulaufenden Moränen erkennen lassen. Beide Gletscher haben heute kleine Zungenseen wechselnder Größe ausgebildet, wobei beim Kl.Fleißkees fallweise kleinere Eismassen in diesen abbrechen. Die Schuttbedeckung ist an der jeweiligen Südseite (steilere Umrahmung) besonders intensiv ausgeprägt und bildet dort einen zusätzlichen Ablationsschutz, der während der Rückzugsperioden zur Ausbildung von Toteiskörpern und uneindeutiger Abgrenzung der aktiven Eismassen führte. Größere Blöcke erzeugen eindrucksvolle Gletschertische, die derzeit besonders am Kl.Fleißkees gut beobachtet werden können.

Die Lage an einer "Verwerfung" des Alpenhauptkammes bringt es mit sich, daß die beiderseits gelegenen Gletscher grob nach Osten bzw. Westen orientiert sind und den Einzugsgebieten von Salzach bzw. Möll zuzuordnen sind. Dieser Umstand bringt es auch mit sich, daß beide Eisflächen durch eine Südumrahmung geschützt sind und daher einen annähernd gleichwertigen Ablationsschutz genießen, der durch den allgemeinen Gletscherückzug noch an Bedeutung gewinnt.

3. Zeitliche Veränderungen

Gemäß dem Untertitel dieser Arbeit ('Veränderungen seit 1850') liegt der Schwerpunkt bei der Beschreibung der Entwicklung in ebendiesem Zeitraum. Gerade das Vorliegen einer Anzahl von Aufnahmen zu verschiedenen Zeitpunkten legt deren Vergleich nahe, wobei hier neben der qualitativen Beschreibung der quantitativ-kartometrische Ansatz betont wurde.

Der Zeitpunkt 1850 ist keinesfalls wörtlich zu nehmen, er steht für den letzten Hochstand der Gletscher um die Mitte des vergangenen Jahrhunderts, der praktisch in den gesamten Alpen morphologisch hervorragend durch meist eindeutige Moränen erkennbar ist. Im Allgemeinen wird angenommen, daß auch andere, frühere postglaziale Hochstände nicht wesentlich über den Stand von 1850 hinausgegangen sind. Auch bei den hier untersuchten Gletschern scharen sich ältere Moränen unweit dieses Standes (besonders beim Goldberggletscher, beim Kl.Fleißkees sind durch die steileren Gehänge und die dadurch aktiveren Abtragsprozesse kaum eindeutige Spuren festzustellen).

Naturgemäß wurde das Interesse am dynamischen Verhalten von Gletschern durch deren Interferenz mit menschlicher Wirtschaftsaktivität geweckt. Das war etwa im Ötztal die Bedrohung durch Stauseeausbrüche, anderswo die Vernichtung von Hochalmen und im Sonnblickgebiet besonders die Behinderung des Bergbaus an hochgelegenen Stollenmündungen, sowie generell die Veränderungen an vergletscherten Gebirgsübergängen.



Bild 3 Gletscherzunge Goldberggletscher, September 1896:
Diese historische Aufnahme zeigt die zurückweichende Zunge im unteren Boden bei Beginn der Teilung in 2 Lappen
(Bild A.E. Forster).



Bild 4 Gletscherzunge Goldberggletscher, September 1932:
Beim Rückzug über die Steilstufe erhält zuerst der linke Lappen keinen Eisnachschub mehr und verbleibt dann
längere Zeit als Toteisrest (Bild N. Lichtenecker).



Bild 5 Gletscherzunge Goldberggletscher, September 1948:
Auch der rechte Teil zieht sich letztlich über die Steilstufe zurück, während beim Oberen G'rupeten Kees bereits große Felspartien freigelegt sind (Bild H. Tollner).



Bild 6 Gletscherzunge Goldberggletscher, September 1964:
Oberhalb der Stufe fand die Zunge ein festes Widerlager und konnte sich nach allen Seiten abstützen, sodaß diese Position, unterstützt durch den Massenzuwachs der Folgezeit, im Wesentlichen bis heute gehalten werden konnte. Ganz links an der orogr. re. Seite der Moräne der kümmerliche Rest des einstigen Neunerkeeses (Bild H. Tollner).

Zusammen mit dem allgemeinen Aufschwung der Naturwissenschaften führte dies zum Beginn von Messungsversuchen an den Eismassen. Ursprünglich wurden fast ausschließlich die Längenänderungen gemessen, erst später fallweise der ganze Verlauf des Eisrandes und einzelne Koten auf dem Eis. Diese einfachen Messungen ermöglichten auch eine hohe räumliche und zeitliche Dichte (im Normalfall jährlich), wodurch heute lange Reihen solcher Registrierungen vorliegen.

Mit wenigen Ausnahmen (etwa um 1920) gingen die Gletscher seit dem letzten Hochstand bis vor wenigen Jahren meist zurück, sodaß selten Probleme mit überfahrenen Marken auftraten. Ebenso begünstigt dies die Einbeziehung morphologischer Zeugen, die die Dokumentation der Meßreihen ebenso wie fallweise photographische Aufnahmen zu ergänzen vermögen.

Die kartographische Erfassung eines Gesamtgletschers ist natürlich weitaus aufwendiger (und in der Anfangszeit auch nur beschränkt genau), bietet jedoch eine flächige Erfassung, besonders bei photogrammetrischer Aufnahme. Daraus sind dann Flächen, Volumina und Höhenänderungen zu bestimmen, die eine der Längenmessung weit überlegene Information bieten.

Die Aufarbeitung und der Vergleich aller im Anhang enthaltenen vorliegenden kartographischen Aufnahmen ist der Hauptinhalt der folgenden Kapitel. Gerade die Volumensänderung ist eine unmittelbare (wenn auch nicht alleinige) Reaktion auf klimatische Einflüsse. Ihre möglichst genaue Erfassung ist daher eine wesentliche Voraussetzung für die Parametrisierung klimatischer Steuergrößen.

Einen anschaulichen Überblick über die Entwicklung zwischen verschiedenen Zeitquerschnitten bieten auch Längsprofile (s. Abb. 1 u. 2), die allerdings (besonders beim Goldberggletscher) stark von der gewählten Profillinie abhängig sind. Bereiche in der gleichen Höhenlage können sich durchaus sehr unterschiedlich entwickeln, wodurch die Aussagekraft reduziert wird. Insofern sind Graphiken der Volumina nach Höhenzonen besser untereinander vergleichbar und enthalten nicht die subjektive Komponente der Auswahl der Profillinie.

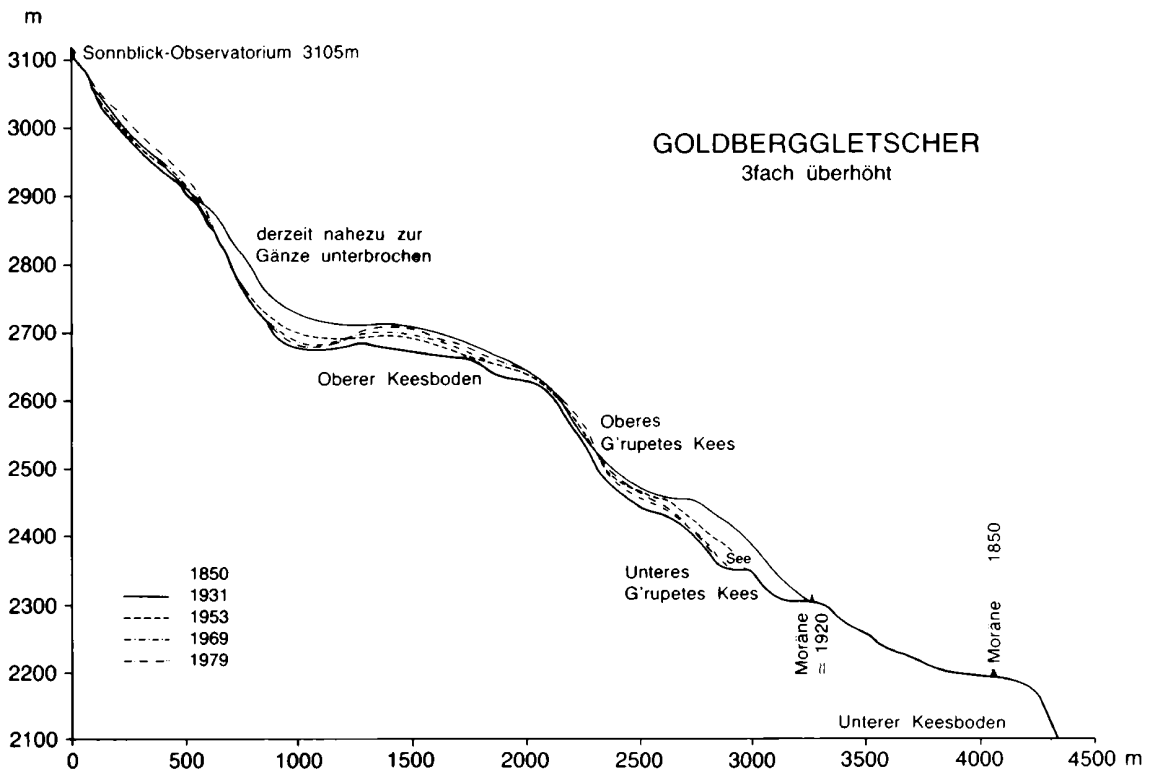


Abb. 1: Goldberggletscher - Längsprofile 1850 - 1979

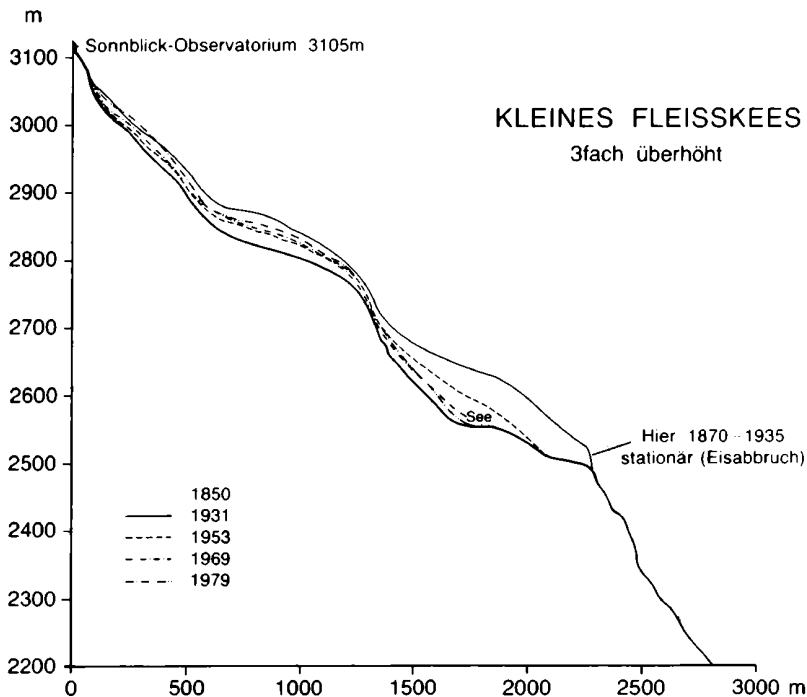


Abb. 2: Kleines Fleißkees - Längsprofile 1850 - 1979

3.1. Qualitative Beschreibung der zeitlichen Veränderungen

Während sich Karten (je nach Qualität der Aufnahme) ebenso wie eigentliche Messungen meist gut für quantitative Vergleiche eignen, ist die Auswertung anderer Zeugen (je nach betriebenem Aufwand) eher für die qualitative Gegenüberstellung geeignet. Dazu zählen etwa historische Schriften (Bergbau!), morphologische Zeugnisse früherer Gletscherstände (Moränen, Schliffgrenzen, rezente und relikte bzw. fossile Böden) und direkte Indikatoren wie z.B. Pollenprofile.

Von den Dokumenten der hier besprochenen Epoche seit 1850 eignen sich u.a. photographische Aufnahmen für die Beschreibung der Veränderungen, da sie anschaulich, relativ reichlich vorhanden und potentiell sogar metrisch auswertbar sind.

Wie bei allen visuellen Techniken sind je nach Haushaltsjahr und Zeitpunkt der Aufnahme unterschiedliche Schneebedeckung und andere Interpretationshindernisse (s. Karten!) zu beachten. Besonders Vergleichsaufnahmen mit gleichem Standort und Brennweite sind besonders gut zur Gegenüberstellung geeignet. Dazu wurde eine Anzahl von Standorten vermessen und gekennzeichnet, die in Tab. 1 angeführt sind. Die Wahl solcher Standorte ist v.a. beim Kl.Fleißkees problematisch, da kaum Plätze mit günstigen Blickwinkel und entsprechendem Sichtfeld vorhanden sind. Demgegenüber ist der Goldberggletscher vom Kamm zwischen Neunerkogel und Herzog Ernst sehr gut erfassbar.

Tabelle 1: Standardfotofixpunkte Goldberggletscher - Kl.Fleißkees

Fotofixpunkt	Lagebeschreibung	Motiv
3F80	Auf dem glattgeschliffenen Gegenhang vor dem Zungenende des Goldberggletschers	Gletschertor Goldberggletscher
6F80	Gipfel Herzog Ernst	Goldberggletscher Gesamtaufnahme
4F80	Orographisch rechts neben dem Oberteil des Steilabbruches des Kl.Fleißk.	Zunge und Vorland Kl.Fleißkees, Seitenansicht
5F80	Beim Totalisator vor der Fleißkeeszunge	Zunge-Kl.Fleißkees, Frontalansicht

Beachtenswert sind vor allem die Lichtbildsammlungen von H. TOLLNER auf Grund der langfristigen Vergleichsmöglichkeiten. Im Anschluß daran, aus Reproduktionen einzelner Dokumente und nunmehr aus reichhaltigem, neuem Material besteht das laufend ergänzte Fotoarchiv des Sonnblickvereines (BÖHM o.J.), das wertvollstes Material zu allen Fragen enthält. Einige für einzelne Zeitabschnitte charakteristische Aufnahmen aus diesem Archiv werden in dieser Arbeit wiedergegeben, um einen anschaulichen Überblick über die Entwicklung der letzten 90 Jahre zu gewähren.

Eine Zusammenstellung von Luftbildern verschiedenster Flüge existiert ebenfalls als Archiv für verschiedenste anfallende Auswertungen, gibt aber auch wichtige Anhalte für qualitative Interpretation. Probleme treten dabei durch Neuschneelagen auf Gletschern (Albedo!) und die Schlagschatten (v.a. beim Kl.Fleißkees) auf, sodaß die Qualität der einzelnen Flüge als sehr unterschiedlich zu beurteilen ist. Neueren Datums sind die Infrarot-Befliegungen im gesamten Gebiet des Nationalparks Hohe Tauern, die wesentliche Zusatzinformationen bieten. Daraus werden derzeit Falschfarben-Orthophotos hergestellt, was eine völlig neue kartographische Dimension ist. (Vergl Tab. 12)

Tabelle 2: Vertikalluftbilder (Photogrammetrische Befliegungen des Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen, Wien)

Jahr	Bildgröße (cm)	ca. Bildmaßstab
1953	18 x 18	1:10000
1967*	23 x 23	1:24000
1969	23 x 23	1:27000
1974	23 x 23	1:16000
1978	23 x 23	1:25500
1979	23 x 23	1:28500
1982	23 x 23	1:21000

* nur Goldberggletscher

Alle angegebenen Luftbilder sind im Bildarchiv des Sonnblickvereines enthalten, sie bestehen jeweils aus mehreren Einzelbildern, die als Bildstreifen (überlappend) die beiden Gletscher abdecken.

3.2. Quantitative Beschreibung des Gletscherverhaltens

Dazu stehen verschiedene Methoden zur Verfügung, die sich in den letzten 100 Jahren von der einfachen Längenmessung bis zum heutigen Einsatz der Fernerkundung entwickelt haben. Die vom Alpenverein schon langjährig durchgeführten Längenmessungen bieten in zeitlich feiner Auflösung für eine große Anzahl von Gletschern eine relativ leicht erhältliche Schätzung ihres Verhaltens und sind besonders in ihrer Summe über alle gemessenen Zungen ein wertvoller Indikator.

Der Einzelinitiative überlassen sind alle anderen, darüber hinausgehenden Messungen, die immer wieder durchgeführt wurden. Schön PENCK (46) gab im Zuge seiner Längen-

messungen einige Knoten auf dem Eis der Zunge an, um diese mit Höhenlinien versehen zu können. Das Ergebnis war eine qualitative Auskunft über den Zustand der Zunge als solche.

Weitere Initiativen betrafen die Einmessung des gesamten Gletscherumrisses (2), mehrfach leistete in den 30er Jahren auch LICHTENECKER (37, 38) wertvolle Beiträge durch das Einmessen von Steinreihen entlang von Querprofilen, deren Bewegung eine Resultierende von Längs- und Vertikalbewegung ist.

Als wichtigste Informationsquelle liegen jedoch eine Anzahl von kartographischen Aufnahmen vor, die durch den hohen Informationsgehalt einer graphischen Abbildung (im Gegensatz zur tabellarischen Auflistung von Meßergebnissen) auch heute noch durch neue Auswertungen Erkenntnisse vermitteln. Ein Verzeichnis der verfügbaren Aufnahmen zum heutigen Zeitpunkt ist in Tab. 9 zusammengestellt.

Die einfache Vergleichsauswertung solcher Karten und zugleich ein erster Überblick über das Verhalten über alle Höhenzonen ist das Zeichnen von Längsprofilen. Diese sind stark von der gewählten Profillinie abhängig und können daher zu Fehldeutungen führen, sollen aber der Vollständigkeit halber auch hier nicht fehlen (s. Abb. 1 u. 2).

Wesentlich genauere Angaben zur Gletscherentwicklung in der Untersuchungsperiode sind den folgenden Abschnitten zu entnehmen, die alle Dimensionen des räumlichen Verhaltens beschreiben.

3.2.1. Länge der Gletscherzunge

In den Tabellen 3 und 4 wurden sämtliche in der Literatur dokumentierten Längmessungen zusammengefaßt. Dabei darf nicht übersehen werden, daß es sich um rein lokale Maße handelt, die ohne Herstellung des topographischen Bezugs nur sehr beschränkt aussagefähig sind. Besonders die an den einzelnen Marken gemessenen Beträge von Vorstoß und Rückzug sind wegen des typischerweise ungleichen Verhaltens besonders eines dünnen (im Rückzug befindlichen) Eisrandes nicht direkt zu interpretieren.

Eichmöglichkeiten bieten kartographisch oder vermessungstechnisch dokumentierte Zungenpositionen einzelner Jahre, die Intervalle dazwischen können auch wegen der häufig fehlenden Angabe der Meßrichtung nur ungefähr beschrieben werden. Ein Versuch in dieser Richtung wurde in Abb. 3 gemacht, um im Vergleich der drei Hauptgletscher der Goldberggruppe eine Vorstellung über das Zungenverhalten in der Untersuchungsperiode zu vermitteln. Die Abweichungen zeigen sehr deutlich den lokalen Reliefeinfluß, dem die Zungen an ihren jeweiligen Positionen unterliegen: Rascher Rückzug über Steilstufen und langsamer Rückzug (außer bei Zerfall) im Flachen, meist umgekehrtes Verhalten beim Vorstoß über Karschwellen.

Um die Bewertung der Einzelmessungen zu erleichtern, wurden auch Verzeichnisse der bisher verwendeten Gletschermarken (Tab. 5 u. 6) beigefügt und dabei versucht, Uneindeutigkeiten in der Bezeichnung und bezüglich der Lage soweit als möglich zu klären. Bei einigen alten Marken wurden über die Lagebeschreibung hinaus die markierten Stellen noch aufgefunden und diese konnten nachträglich eingemessen werden.

Auch die als Bezugspunkte bei der Konstruktion der Kurven verwendeten Karten konnten leider nicht immer kritiklos übernommen werden, da die jeweiligen Bearbeiter fallweise durch Firnschürzen, Toteis und schuttbedeckte Zungenteile getäuscht wurden. Für die Konstruktion der im Anhang vorliegenden Karten wurde versucht, die wahren Verhältnisse bestmöglich zu rekonstruieren, was sicherlich nicht immer voll gelang und auch nur dort versucht werden konnte, wo entsprechendes Vergleichsmaterial (Fotos, Messungen,...) vorlag.

Dasselbe gilt für das Problem der Identifikation der Gletscherumrisse in höhergelegenen Zonen, besonders im Abschnürungsbereich von Steilstufen. Eis, Firn und Schnee sind dort nachträglich kaum zu trennen, sodaß in die spätere Flächenbestimmung sicherlich fallweise Ungenauigkeiten eingingen.

Tabelle 3: Unkorrigierte Originalmarkenmessungen seit 1896 - Goldberggletscher

Datum	Marke Nr. Name	Richtg. (Grad)	Abst. v. Gletscher (m)	Differenz (m)	Jahre	Datum	Marke Nr. Name	Richtg. (Grad)	Abst. v. Gletscher (m)	Differenz (m)	Jahre	
2. Zeile: etw. besondere Bemerkungen						2. Zeile: etw. besondere Bemerkungen						
1896-09-19	001 I		6.8			1930-09-15	010 V	245	89.5	-13.7	2	
1896-09-19	002 II		2.0			1930-08-15	011 A	205	20.3	-7.1	2	
1896-09-19	003 III		92.0			1930-09-29	001 IA	160	43.8			
1896-09-19	004 IV		21.0			1930-08-29	002 II	188	118.9	-14.7	2	
1896-09-19	005 V		15.0			1930-08-29	008 VII	230	103.2	-14.3	2	
1896-09-19	006 VI		11.6			1930-08-29	009 IV	240	69.5	-15.9	2	
1897	001 I		10.0	-3.2	1	1930-08-29	010 V	245	90.5	-14.7	2	
1897	002 II		3.8	-1.8	1	1930-08-29	011 A	205	22.9	-9.7	2	
1897	003 III	117.0		-25.0	1	1931-08-24	002 II		123.5	+0.2	1	
1897	005 V	18.0		-3.0	1	1931-08-24	008 VII		110.3	-5.9	1	
1897	006 VI	15.5		-3.9	1	1931-08-24	009 IV		75.0	-4.4	1	
1898	001 I	10.8		-0.8	1	1931-08-24	010 V		98.0	-6.7	1	
1898	002 II	10.5		-6.7	1	1931-08-24	011 A		29.0	-3.3	1	
1898	003 III	135.0		-18.0	1	1931-08-24	012 B		26.0	-2.2	1	
1898	005 V	27.0		-9.0	1	1932-08-24	001 I		Marke nicht gefunden			
1898	006 VI	20.2		-4.7	1	1932-08-24	008 VII	230	115.9	-5.6	1	
1899-10	001 I	9.0		+1.8	1	1932-08-24	009 IV	240	81.4	-6.4	1	
1899-10	002 II	12.0		-1.5	1	1932-08-24	010 V	245	105.0	-7.0	1	
1899-10	003 III	149.8		-14.8	1	1932-08-24	011 A	205	31.9	-2.9	1	
1899-10	005 V	27.4		-0.4	1	1932-08-24	012 B	190	24.3	+1.7	1	
1899-10	006 VI	Marke unter Altschnee				1932-09-07	002 II		128.0	-4.5	1	
1900-09	001 I	10.6		-1.6	1	1932-09-07	008 VII		119.0	-8.7	1	
1900-09	002 II	16.6		-4.6	1	1932-09-07	009 IV		83.5	-8.5	1	
1900-09	003 III	150.5		-0.7	1	1932-09-07	010 V		107.9	-9.9	1	
1900-09	005 V	42.0		-14.6	1	1932-09-07	011 A		35.0	-6.0	1	
1900-09	006 VI	23.5		-3.3	2	1932-09-07	012 B		34.8	-8.8	1	
1902-09	001 I	16.0		-5.4	2	1933-08-20	008 VII		127.1	-8.1	1	
1902-09	002 II	Marke unter Altschnee				1933-08-20	009 IV		87.7	-4.2	1	
1902-09	003 III	190.0		-39.5	2	1933-08-20	010 V		113.5	-5.6	1	
1902-09	005 V	69.0		-27.0	2	1933-08-20	011 A		38.0	-3.0	1	
1902-09	006 VI	40.0		-16.5	2	1933-08-20	012 B		56.1	-21.3	1	
Unsichere Messung, da schneebedeckt						1934-08-23	008 VII		135.4	-8.3	1	
1905-09-05	001 I	155	24.0	-8.0	3	1934-08-23	009 IV		102.0	-14.3	1	
1905-09-05	002 II		50.0	-33.4	5	1934-08-23	010 V		120.0	-6.5	1	
1905-09-05	003 III	185	252.0	-62.0	3	1934-08-23	011 A		51.1	-13.1	1	
1905-09-05	007 IIIB	185	103.0	-34.0	3	1934-08-23	012 B		64.4	-8.3	1	
Ungenauere Differenz, IIIB nur nahe V						1936-08-28	008 VII		153.8	-18.4	2	
1917-08-30	001 I	145	17.0	+7.0	12	1936-08-28	009 IV		117.4	-15.4	2	
1917-08-30	002 II		84.0	-34.0	12	1936-08-28	010 V		130.0	-10.0	2	
1917-08-30	003 III		260.0	-8.0	12	1936-08-28	011 A		106.0	-54.9	2	
1917-08-30	007 IIIB		126.0	-23.8	12	1936-08-28	012 B		70.0	-5.6	2	
1919 Meßwerte verschollen						1937-09-07	008 VII		162.0	-8.2	1	
1924-08-07	002 II	188	98.0	-14.0	7	1937-09-07	009 IV		125.8	-8.4	1	
1924-08-07	007 IIIB	240	130.0	-3.2	7	1937-09-07	010 V		136.0	-6.0	1	
1924-08-07	008 VII	19	230	73.0		1937-09-07	011 A		108.7	-2.7	1	
1926-09-21	001 I	145	23.0	-6.0	9	1937-09-07	012 B		73.0	-3.0	1	
Ungenau, Marke unter Altschnee						1938-09-12	008 VII		166.8	-4.8	1	
1926-09-21	002 II	Zunge unter Altschnee				1938-09-12	009 IV		133.7	-7.9	1	
1926-09-21	007 IIIB	17	240	135.0	-5.0	2	1938-09-12	010 V		141.4	-5.4	1
1926-09-21	008 VII	19	230	75.0	-2.0	2	1938-09-12	011 A		109.3	-0.6	1
1926-09-21	009 IV		240	40.0		1938-09-12	012 B		80.8	-7.8	1	
1926-09-21	010 V		245	52.5		1948-09	013 I			-3.3	1	
1927-07-16	008 VII	19	230	76.8	-1.8	1	1948-09	014 III			+5.0	1
1927-07-16	009 IV		240	40.0	0.0	1	Marke überfahren, nur Schätzung					
1927-07-16	010 V		245	51.3	+1.2	1	1948-09	015 IV			+9.0	1
Wert nicht repräsentativ						Marke überfahren, nur Schätzung						
1928-08-29	001 IA	145	29.4	-6.4	2	1949-09	013 I			-7.7	1	
1928-09-29	001 IB	210	22.8			1949-09	014 III			-1.0	1	
Neue Meßrichtung						1949-09	015 IV			-1.0	1	
1928-08-29	002 II	188	104.2	-6.2	4	1949-09	016 II			-7.6	1	
1928-08-29	008 VII	230	88.9	-12.1	1	1950-09	013 I			-29.5	1	
1928-09-29	009 IV	240	53.6	-13.6	1	1950-09	014 III			-14.9	1	
1928-09-29	010 V	245	75.8	-24.5	1	1950-09	016 II			-13.1	1	
1928-09-29	011 A	205	13.2			1951-09	013 I			+3.3	1	
1930-09-14	001 IA	145	38.5	-9.1	2	1951-09	014 III			-0.4	1	
1930-09-14	001 IB	210	29.0	-6.2	2	1951-09	016 II			-3.0	1	
1930-09-14	002 II	188	123.7	-19.5	2	1952-09	017 A			-4.7	1	
1930-09-14	008 VII	230	104.4	-15.5	2	1952-09	018 B			-5.1	1	
1930-09-14	009 IV	240	70.6	-17.0	2	1952-09	019 C			-6.7	1	
1930-09-14	010 V	245	91.3	-15.5	2	1952-09	020 C2			-10.3	1	
1930-09-14	011 A	205	25.7	-12.5	2	1953-09	017 A			+1.0	1	
1930-09-14	012 B	190	23.8			1953-09	018 B			-3.2	1	
1930-09-15	001 IA	160	43.4			1953-09	019 C			-4.4	1	
1930-08-15	008 VII	230	101.3	-12.4	2	1953-09	020 C2			-3.1	1	
1930-08-15	009 IV	240	67.2	-13.6	2	1953-09	021 22			+1.8	1	

Fortsetzung Tab. 3:

Datum	Marke Nr. Name	Richtg. Abst. v. (Grad) Gletscher (m)	Differenz (m) Jahre	Datum	Marke Nr. Name	Richtg. Abst. v. (Grad) Gletscher (m)	Differenz (m) Jahre
2. Zeile: etw. besondere Bemerkungen				2. Zeile: etw. besondere Bemerkungen			
1954-09	017 A		-10.1 1	1969	037 C68		-7.6 1
1954-09	019 C		-4.6 1	1969	038 22 68		-3.5 1
1954-09	020 C2		-5.7 1	1970-09-18	Mittelwert aus 5 Marken:		-3.1 1
1954-09	021 22		-6.1 1	Extrema:	-1.0 bzw. -7.0		
1954-09	022 23		-3.1 1	1971-10	Maximalwert rechts:		-30.9 1
1955-09	017 A		+3.6 1	1971-10	Mitte und links:		-3.4 1
1955-09	020 02		-0.8 1	1972-09-10	keine Markenbezeichnung		+0.1 1
1955-09	021 22		+3.8 1	1972-09-10	keine Markenbezeichnung		-0.3 1
1955-09	022 23		+4.9 1	1972-09-10	keine Markenbezeichnung		-0.4 1
1955-09	023 C54		+1.2 1	1972-09-10	keine Markenbezeichnung		+4.5 1
1956-09	017 A		-1.5 1	1972-09-10	keine Markenbezeichnung		-4.8 1
1956-09	020 C2		+1.8 1	1972-09-10	keine Markenbezeichnung		+7.8 1
1956-09	022 23		+0.7 1	1973-08-20	034 B24	51.9	
1956-09	023 C54		-2.6 1	1973-08-20	035 B25	14.4	
1957	022 P23	Marke schneebedeckt		1973-08-20	037 C68	31.0	
1957	023 C54		-4.0 1	1973-08-20	038 22 68	27.3	
1957	024 /A		-0.8 1	1973-08-20	039 A72	7.0	
1957	025 /B		-2.0 1	1973-08-20	040 22 72	1.7	
1957	026 C3		-6.1 1	1973-08-20	041 B72	14.0	
1957	027 /P22		-1.4 1	1973-08-20	042 C72	4.2	
1958	022 P23	Marke schneebedeckt		1973-08-20	keine Markenbezeichnung		-8.5 1
1958	023 C54		-5.4 1	1973-08-20	keine Markenbezeichnung		-5.0 1
1958	024 /A		-18.9 1	1973-08-20	keine Markenbezeichnung		-11.1 1
1958	025 /B		-4.5 1	1973-08-20	keine Markenbezeichnung		-12.0 1
1958	026 C3		-11.5 1	1973-08-20	keine Markenbezeichnung		-9.7 1
1958	027 /P22		-5.4 1	1974-08-21	keine Markenbezeichnung		+1.1 1
1958	028 D54		-4.1 1	1974-08-21	keine Markenbezeichnung		-0.3 1
1959-09	022 P23		+0.1 3	1974-08-21	keine Markenbezeichnung		+0.7 1
1959-09	023 C54		-3.6 1	1974-08-21	keine Markenbezeichnung		0.0 1
1959-09	024 /A		+4.2 1	1974-08-21	keine Markenbezeichnung		+2.1 1
1959-09	025 /B		+0.8 1	1975-08-30	039 A72		+4.9 1
1959-09	026 C3		-4.5 1	1975-08-30	040 22 72		+4.0 1
1959-09	027 /P22		-0.4 1	1975-08-30	043 P25		+1.1 1
1959-09	028 D54		+0.2 1	Bei weiteren 4 Marken Zunge unter Altschnee			
1960-09	022 23		-0.4 1	1976-09-26	Mittel aus 7 Marken		-3.3 1
1960-09	023 C54		-14.4 1	7 Marken aber nicht einmeßbar! (vergl. 1975)			
1960-09	024 /A		-0.7 1	1978-09-27	Mittel aus 6 Marken:		+5.1 2
1960-09	025 /B		-1.4 1	1978-09-27	034 B24	62.3	
1960-09	026 C3		-6.5 1	1978-09-27	039 A72	3.4	
1960-09	027 22		-0.6 1	1978-09-27	040 22 72	4.6	
1961-09-01	022 23		+1.5 1	1978-09-27	042 C72	7.8	
1961-09-01	023 C54		-9.9 1	1978-09-27	043 P25		
1961-09-01	024 /A		+4.2 1	1978-09-27	044 P24	5.3	
1961-09-01	025 /B		-0.6 1	1978-09-27	045 +78	5.3	
1961-09-01	027 /22		-1.1 1	1979-09-13	034 B24	1.5 Schneeszunge	
1962	nur Mittelwert aller Marken:		-5.0 1	1979-09-13	035 B25	18.5 Altschnee	
Extrema: -1.8 bzw. -6.5				1979-09-13	037 C68	26.2 Altschnee	
1963	022 23		-0.3 1	1979-09-13	039 A72	4.0	+0.6 1
1963	024 /A		-4.0 1	1979-09-13	040 22 72	4.2	+0.4 1
1963	025 /B		-2.6 1	1979-09-13	041 B72	17.9 Altschnee	
1963	026 C3		-26.7 1	1979-09-13	042 C72	7.2	+0.6 1
1963	027 22		-4.3 1	1979-09-13	044 P24	4.5	+0.8 1
1964	022 23		-5.6 1	1979-09-13	045 +78	6.7	-1.4 1
1964	024 /A		-6.1 1	1980-09-16	034 B24	-1.5 Marke im Altschnee	
1964	025 /B		-6.4 1	1980-09-16	035 B25	170	11.9
1964	026 C3		-6.2 1	1980-09-16	036 B68	Marke unter Altschnee	+6.6 1
1964	027 /22		-6.3 1	1980-09-16	039 A72	150	2.7
1965-09-12	Alle Marken unter Altschnee			1980-09-16	040 22 72		-8.5
1966-09-10	024 /A		+10.0 2	1980-09-16	041 B72	225	7.0
1966-09-10	029 II/22		+13.6 2	1980-09-16	042 C72	240	3.0
1966-09-10	030 II/B		+14.3 2	1980-09-16	044 P24	120	3.7
1966-09-10	031 C/64		-1.7 2	1980-09-16	045 +78		-3.5
1966-09-10	032 P/23		-4.3 2	1980-09-16	046 B80	225	12.4
1967	030 II/B		-5.0 1	1980-09-16	047 C80	235	13.2
1967	031 C/64		-10.7 1	1980-09-16	048 A80	195	31.6
1967	032 P/23		-7.7 1	1981-09-25	034 B24	230	9.9
1967	033 A/66		-1.7 1	1981-09-25	035 B25	170	18.7
1968-09-04	II/B		-2.1 1	1981-09-25	039 A72	150	14.9
1968-09-04	031 C/64		-6.2 1	1981-09-25	040 22 72	195	8.6
1968-09-04	032 P/23		-0.3 1	1981-09-25	041 B72	225	20.4
1968-09-04	033 A/66		-1.8 1	1981-09-25	042 C72	240	8.6
1969	033 A/66		-12.3 1				
1969	034 B24		-3.7 1				
1969	035 B25		-3.1 1				
1969	036 B68		-6.6 1				

Fortsetzung Tab. 3:

Datum	Marke	Richtg.	Abst. v.	Differenz		Datum	Marke	Richtg.	Abst. v.	Differenz	
	Nr. Name	(Grad)	Gletscher	(m)	Jahre		Nr. Name	(Grad)	Gletscher	(m)	Jahre
2. Zeile: etw. besondere Bemerkungen						2. Zeile: etw. besondere Bemerkungen					
1981-09-25	044 P24	110	6.8	-3.1	1	1984-09-18	044 P24	110	9.0	+7.8	1
1981-09-25	045 +78	255	13.8	-17.3	1	1984-09-18	040 22 72 195	18.5	18.5	-0.5	1
1981-09-25	046 B80	225	15.8	-3.4	1	1984-09-18	042 C72	240	18.0	-2.9	1
1981-09-25	047 C80	235	20.4	-7.2	1	1984-09-18	045 +78	255	31.0	-6.0	2
1982-09-17	035 B25	170	22.0	-3.3	1	1984-09-18	046 B80	225	21.5	-8.5	2
1982-09-17	039 A72	150	22.9	-8.0	1	1985-09-16	040 22 72 195	17.3	17.3	+1.2	1
1982-09-17	040 22 72 195	14.9	14.9	-6.3	1	1985-09-16	047 C80	235	31.6	-0.6	1
1982-09-17	041 B72	225	26.2	-5.8	1	1985-09-16	042 C72	240	18.8	-0.8	1
1982-09-17	042 C72	240	11.8	-3.2	1	1985-09-16	046 B80	220	22.9	-1.4	1
1982-09-17	045 +78	255	25.0	-11.2	1	1985-09-16	045 +78	235	29.3	+1.7	1
1982-09-17	046 B80	225	30.0	-14.2	1	1985-09-17	044 P24	110	7.2	+1.8	1
1982-09-17	047 C80	235	25.5	-5.1	1	1985-09-17	035 B25	170	25.1	-0.6	1
1983-09-25	035 B25	170	27.8	-5.8	1	1985-09-17	039 A72	185	19.4	+3.6	1
1983-09-25	039 A72	150	24.2	-1.3	1	1986-09-16	044 P24	110	13.4	-6.2	1
1983-09-25	040 22 72 195	18.0	18.0	-3.1	1	1986-09-16	035 B25	170	28.0	-2.9	1
1983-09-25	041 B72	225	29.7	-3.5	1	1986-09-16	039 A72	185	18.9	+1.5	1
1983-09-25	042 C72	240	15.1	-3.3	1	1986-09-16	040 22 72 195	19.3	19.3	-2.0	1
1983-09-25	044 P24	110	16.8	-10.0	2	1986-09-16	041 B72	225	32.0	-2.3	3
1984-09-18	035 B25	170	24.5	+3.3	1	1986-09-16	047 C80	235	32.0	-0.4	1
1984-09-18	039 A72	185	23.0	+1.2	1	1986-09-16	042 C72	240	18.2	+0.6	1

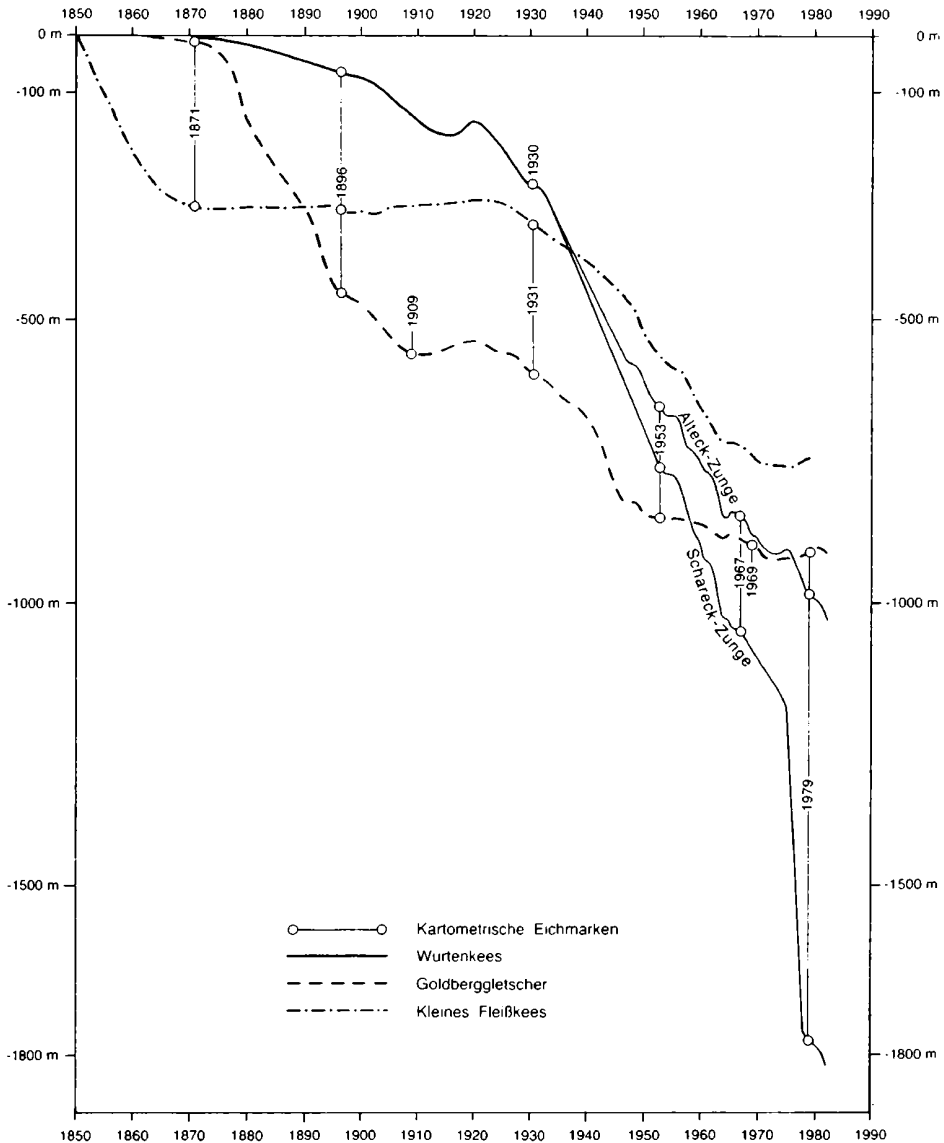


Abb. 3: Längenänderungen der drei Hauptgletscher der zentralen Goldberggruppe seit 1850 (aus (9), S. 246)

Tabelle 4: Unkorrigierte Originalmarkenmessungen seit 1896 - Kleines Fleißkees

Datum	Marke Nr. Name	Richtg. (Grad)	Abst. v. Gletscher (m)	Differenz (m)	Jahre	Datum	Marke Nr. Name	Richtg. (Grad)	Abst. v. Gletscher (m)	Differenz (m)	Jahre
2. Zeile: etw. besondere Bemerkungen						2. Zeile: etw. besondere Bemerkungen					
1896-09-16	003 IA	135	38.5			1959	012 B			-27.0	1
1896-09-16	004 IB	90	52.0			1960	011 A			-18.6	1
1896-09-16	006 IB	180	55.0			1960	012 B			-7.3	1
1897	001 I		3.0			1961	011 A			-10.2	1
1897	002 II		7.5			1961	012 B		Marke unter Altschnee		
1898	001 I		4.5	-1.5	1	1963			keine Markenbezeichnung	-21.5	1
1898	002 II		9.0	-1.5	1	1963			keine Markenbezeichnung	-25.3	1
1898	003 IA	135	39.0	-0.5	2	1964	011 A			-23.5	1
1898	004 IB	90	55.0	-3.0	2	1964	012 B			-16.7	1
1899-10	001 I		3.3	+1.2	1	1965-09			beide Marken unter Altschnee		
1899-10	002 II		9.5	-0.5	1	1966-09-09	013 IIIA			+2.8	2
1900-09	001 I	Marke unter Eis				1966-09-09	014 IIIB			+5.5	2
1900-09	003 IA	135	42.3	-3.3	2	1967	013 IIIA			-7.6	1
1900-09	004 IB	90	50.5	+4.5	2	1967	014 IIIB			-7.9	1
1900-09	005 III	140	13.0			1967	015 C			-9.3	1
1902-09	001 I		3.8	-0.5	3	1968	013 A			-1.4	1
1902-09	003 IA	135	46.5	-4.5	2	1968	014 B			+0.7	1
1902-09	004 IB	90	73.5	-23.0	2	1968	015 C			-0.7	1
1902-09	005 III	140	19.0	-6.0	2	1969	013 A			-12.8	1
1905-09-05	003 IA	135	45.0	+1.5	3	1969	014 B			-14.6	1
1905-09-05	004 IB	90	65.0	+8.5	3	1969	015 C			-6.4	1
1905-09-05	005 III	140	6.0	+13.0	3	1970-09-19			Extrema: -2.9,-8.1 Mittel:	-5.3	1
1905-09-05	006 IB	180	52.0			1971-10-20			keine Markenbezeichnung	-14.0	1
1917-09-02	003 IA	135	37.8	+7.2	12	1971-10-20			keine Markenbezeichnung	-9.7	1
1917-09-02	004 IB	95	40.5	+24.5	12	1971-10-20			keine Markenbezeichnung	-7.7	1
1917-09-02	005 III	140	2.0	+4.0	12	1972			wegen Altschnee keine Vermessung		
1917-09-02	006 IB17A175		42.5	+9.5	12	1973-09-01			keine Markenbezeichnung	-3.9	2
1917-09-02	008 IIIA17135		27.5			1973-09-01			keine Markenbezeichnung	-4.3	2
1926-09-19	003 IA	135	31.8	+6.0	9	1973-09-01			keine Markenbezeichnung	-4.1	2
1926-09-19	004 IB	95	37.7	+2.8	9	1973-09-01	016 A72		8.1		
1926-09-19	006 IB17A175		32.0	+10.5	9	1973-09-01	017 B72		4.3		
1926-09-19	007 IB17B110		19.9	+4.9	9	1973-09-01	018 C72		1.8		
1926-09-19	008 IIIA17135		29.8	-2.3	9	1974-09-23	016 A72		5.0	+3.1	1
1928-08-27	003 IA	135	39.5	-7.7	2	1974-09-23	017 B72		7.2	-2.9	1
1928-08-27	004 IB	95	52.6	-14.9	2	1974-09-23	018 C72		5.5	-3.7	1
1928-08-27	006 IBA	175	44.8	-12.8	2	1975			keine Markenbezeichnung	+4.3	1
1928-08-27	007 IBB	110	28.0	-8.1	2	1975			keine Markenbezeichnung	-1.5	1
1928-08-27	008 IIIA	135	35.9	-6.1	2	1976			Mittel aus drei Marken	-6.8	1
1930-09-06	003 IA		54.0	-14.5	2	1978-09-27	016 A72		41.0	-36.0	4
1930-09-06	006 IBA		51.5	-6.7	2	1978-09-27	017 B72		0.0	+4.3	4
1930-09-16	003 IA	135	54.0	-14.5	2	1978-09-27	018 C72		25.0	-19.5	4
1930-09-16	006 IBA	175	51.0	-6.2	2	1978-09-27			keine Markenbezeichnung	+10.9	2
1930-09-16	007 IBB	110	42.5	-14.5	2	1978-09-27			keine Markenbezeichnung	+11.6	2
1931-09-02	003 IA		64.0	-10.0	1	1978-09-27			keine Markenbezeichnung	+12.0	2
1931-09-02	006 IBA		65.6	-14.1	1	1979-09-12	016 A72	100	35.2	+5.8	1
1932-08-23	003 IA	135	74.4	-20.4	2	1979-09-12	017 B72	80	4.3	-4.3	1
1932-08-23	006 IBA	175	65.2	-14.2	2	1979-09-12	018 C72		12.1	zum Seeufer	
1932-08-23	007 IBB	110	55.1	-12.6	2	1979-09-12	019 E75		3.8	zum Seeufer	
1932-09-09	003 IA		69.9	-5.9	1	1979-09-12	020 M		22.7	zum Seeufer	
1932-09-09	006 IBA		68.4	-2.8	1	1979-09-12	021 +79		8.1	zum Seeufer	
1933-09-05	003 IA		73.5	-3.6	1	1980-09-17	016 A72	80	35.1	+0.1	1
1933-09-05	006 IBA		75.4	-7.0	1	1980-09-17	017 B72	100	19.0	-14.7	1
1949	009 I			-11.6	1	1980-09-17	018 C72	100	16.2	zum Seeufer	
1949	010 II			-18.2	1	1980-09-17	020 M	100	24.3	zum Seeufer	
1950	009 I			-31.3	1	1980-09-17	021 +79	100	8.4	zum Seeufer	
1950	010 II			-29.3	1	1980-09-17	022 D80	130	15.3	zum Seeufer	
1951	009 I			-20.5	1	1981-09-23	016 A72	100	50.0	-14.9	1
1951	010 II			-21.4	1	1981-09-23	017 B72	80	33.7	-14.7	1
1953	011 A			-32.1	2	1982-09-16	016 A72	100	65.5	-15.5	1
1953	012 B			-29.2	2	1982-09-16	017 B72	80	48.0	-14.3	1
1954	011 A			-10.1	1	1982-09-16	023 A82	90	35.0		
1954	012 B			-4.1	1	1983-09-24	016 A72	100	73.5	-8.0	1
1955	011 A			-4.5	1	1983-09-24	017 B72	80	60.0	-12.0	1
1955	012 B			-5.8	1	1983-09-24	023 A82	90	43.0	-8.0	1
1956	011 A			-9.7	1	1984-09-18	017 B72	80	66.3	-6.3	1
1956	012 B			-10.1	1	1984-09-18	023 A82	90	48.3	-5.3	1
1957	011 A			+2.1	1	1985-09-17	017 B72	80	70.2	-3.9	1
1957	012 B			-9.7	1	1985-09-17	023 A82	90	55.3	-7.0	1
1958	011 A			-26.4	1	1986-09-16	017 B72	80	81.5	-11.3	1
1958	012 B			-27.3	1	1986-09-16	023 A82	90	67.2	-11.9	1
1959	011 A			-17.5	1						

Tabelle 5 Gletschermarkenverzeichnis Goldberggletscher

Für jede der seit 1896 verwendeten Marken sind hier folgende Daten angegeben: fortlaufende Nummer und Bezeichnung (evtl. mehrere) in Gelände und Literatur, die Art der Marke und ihre orographische Lage sowie der Verwendungszeitraum und spezifische Anmerkungen.

1. Marke I, Zungenmarke, links, 1896-1932. Von Penck, Machatschek links an Einschnürungsstelle des unteren G'rupeten Kees angebracht (ca. 2420 m). Ab 1928 2 Meßrichtungen (145, 210) und als IA und IB bezeichnet.
2. Marke II, Zungenmarke, links 1896-1932. Von Penck, Machatschek am linken Rand des unteren Keesbodens angebracht, bei Kote 2321 m der Originalaufnahme, ca. 150 m oberhalb des damaligen Zungenendes. Daher bis ca. 1905 für Längenänderungen nicht repräsentativ.
3. Marke III, Zungenmarke, links, 1896-1917. Von Penck, Machatschek am linken Zungenteil angebracht. Meßrichtung gut verwendbar für linken Lappen.
4. Marke IV, Zungenmarke, Mitte, 1896. Von Penck, Machatschek bei Toteisrest zwischen Rojacher- und Obermayerfelsen angelegt.
5. Marke V, Zungenmarke, rechts, 1896-1902. Von Penck, Machatschek am rechten Zungenende angebracht. Gemeinsam mit IIIB für rechten Lappen gut verwendbar.
6. Marke VI, Zungenmarke, rechts, 1896-1902. Von Penck, Machatschek am rechten Zungenende angebracht.
7. Marke IIIB, Zungenmarke, rechts, 1905-1926. Von Götzingler als Ersatz für Nr. 5 angebracht, wurde auch zum Neunerkees hin eingemessen. Später als IIIB17 bezeichnet, durch Druckfehler auch als IIID17.
8. Marke VII19, Zungenmarke rechts, 1924-1938. Vermutlich von Angerer bereits 1919 angebracht (Werte verschollen). Näher am Eisrand als IIIB. Später (ab 1928) nur als VII bezeichnet.
9. Marke IV, Zungenmarke, rechts, 1926-1938. Von Kinzl am rechten Zungenteil angebracht. Bei Kinzl 1928 als 'VI neu' bezeichnet.
10. Marke V, Zungenmarke, rechts, 1926-1938. Von Kinzl am rechten Zungenteil angebracht als Ersatz für IIIB.
11. Marke A, Zungenmarke, links, 1928-1938. Von Kinzl am linken Zungenteil wegen großer Entfernung zu Nr. 2 angebracht.
12. Marke B, Zungenmarke, links, 1930-1938. Von Kinzl am linken Zungenteil angebracht. Von Marke Nr. 2 105 m in Richtung 190 entfernt. Von Marke Nr. 11 in Richtung 267.
13. Marke I, Zungenmarke, rechts, 1947-1951. Von Tollner am rechten Zungenteil angebracht.
14. Marke III, Zungenmarke, links, 1947-1951. Von Tollner am linken Zungenteil angebracht.
15. Marke IV, Zungenmarke, links, 1947-1949. Von Tollner am linken Zungenteil angebracht.
16. Marke II, Zungenmarke, 1948-1951. Von Tollner angebracht, Lage unklar, Name z.T. in Publikationen verwechselt.
17. Marke A, Zungenmarke, 1951-1956. Von Tollner angebracht, Lage unklar.
18. Marke B, Zungenmarke, 1951-1953. Von Tollner angebracht, Lage unklar.
19. Marke C, Zungenmarke, 1951-1954. Von Tollner angebracht, Lage unklar.
20. Marke C2, Zungenmarke, 1951-1956. Von Tollner angebracht, Lage unklar.
21. Marke 22, Zungenmarke, 1952-1955. Von Tollner angebracht, Lage unklar. Auch als P22 bezeichnet.
22. Marke 23, Zungenmarke, 1953-1964. Von Tollner angebracht, Lage unklar. Auch als P23 bezeichnet.
23. Marke C54, Zungenmarke, 1954-1961. Von Tollner anbracht, Lage unklar.
24. Marke /A, Zungenmarke, links, 1957-1966. Von Tollner zwischen 1957 und 1959 als Ersatz für Nr. 17 angebracht, Lage unklar.
25. Marke /B, Zungenmarke, Mitte, 1957-1964. Von Tollner zwischen 1957 und 1959 als Ersatz für Nr. 18 angebracht, Lage unklar.
26. Marke C3, Zungenmarke, rechts, 1957-1964. Von Tollner zwischen 1957 und 1959 als Ersatz für Nr. 20 angebracht, Lage unklar.
27. Marke /P22, Zungenmarke, links, 1957-1964. Von Tollner zwischen 1957 und 1959 als Ersatz für P22 (vermutlich ident mit Nr. 21) angebracht, Lage unklar.
28. Marke D54, Zungenmarke, 1957. Von Tollner angebracht, Lage unklar. Scheint trotz Namen D54 erst ab 1957 in Publikationen auf.
29. Marke II/22, Zungenmarke, links, 1964. Von Tollner angebracht, Lage unklar. Vermutlich Weiterführung von Nr. 27.
30. Marke II/B, Zungenmarke, Mitte, 1964. Von Tollner angebracht, Lage unklar. Vermutlich Weiterführung von Nr. 25.
31. Marke C/64, Zungenmarke, rechts, 1964. Von Tollner angebracht, Lage unklar. Vermutlich Weiterführung von Nr. 26.
32. Marke P/23, Zungenmarke, links, 1964. Von Tollner angebracht, Lage unklar.
33. Marke A/66, Zungenmarke, links, 1966. Von Tollner angebracht, Lage unklar. Vermutlich Weiterführung von Nr. 24.
34. Marke B24, Zungenmarke, rechts, 1968. Von Tollner angebracht, Lage lt. Skizze im Gletscherbericht 1973.
35. Marke B25, Zungenmarke, links, 1968. Von Tollner angebracht, Lage lt. Skizze im Gletscherbericht 1973.
36. Marke B68, Zungenmarke, Mitte, 1968-1980. Von Tollner angebracht. Vermutlich Vorläufer von Nr. 41, deren Lage lt. Skizze im Gletscherbericht 1973.
37. Marke C68, Zungenmarke, rechts, 1968-1979. Von Tollner angebracht, Lage lt. Skizze im Gletscherbericht 1973.
38. Marke 22 68, Zungenmarke, links, 1968-1973. Von Tollner angebracht, Lage lt. Skizze im Gletscherbericht 1973.
39. Marke A72, Zungenmarke, links, 1972. Von Tollner angebracht, Lage lt. Skizze im Gletscherbericht 1973.
40. Marke 22 72, Zungenmarke, links, 1972. Von Tollner angebracht, Lage lt. Skizze im Gletscherbericht 1973. Weiterführung von Nr. 38.
41. Marke B72, Zungenmarke, Mitte, 1972. Von Tollner angebracht, Lage lt. Skizze im Gletscherbericht 1973.
42. Marke C72, Zungenmarke, rechts, 1972. Von Tollner angebracht, Lage lt. Skizze im Gletscherbericht 1973.
43. Marke P25, Zungenmarke, links, 1974. Von Tollner angebracht, Lage lt. Skizze im Gletscherbericht 1978 an der linken Umrahmung des Zungenbettes.

Fortsetzung Tab. 5:

44. Marke P24, Zungenmarke, links, 1976. Von Tollner angebracht, Lage lt. Skizze im Gletscherbericht 1978 an der linken Umrahmung des Zungenbettes. Erstmals 1978 erwähnt, aber vermutlich schon deutlich älter.
45. Marke +78, Zungenmarke, rechts, 1978. Von Hammer angebracht als Weiterführung von Nr. 34, Lage lt. Skizze im Gletscherbericht 1978.
46. Marke B80, Zungenmarke, Mitte, 1980. Von Böhm, Hammer angebracht, da Nr. 36 und 41 unter Altschnee.
47. Marke C80, Zungenmarke, rechts, 1980. Von Böhm, Hammer angebracht, da Nr. 42 bei Vorstoß nahe dem Eisrand.
48. Marke A80, Zungenmarke, links, 1980. Von Böhm, Hammer angebracht, da Nr. 39 bei Vorstoß nahe dem Eisrand.

Tabelle 6 Gletschermarkenverzeichnis Kleines Fleißkees

1. Marke I, Zungenmarke, rechts, 1896-1902. Von Machacek, Penck angelegt, Lage auf Kartenskizze in (46) dargestellt, Meßrichtung schräg zur Gletscherlängsachse.
2. Marke II, Zungenmarke, rechts, 1896-1899. Von Machacek, Penck angelegt, 1899/1900 durch Wintervorstoß verschoben und seither nicht mehr verwendbar. Meßrichtung relativ gut in Richtung Gletscherlängsachse, aber beim Kl. Fleißkees bestand bis in die frühen 1930-er Jahre allgemein das Problem, daß die eigentliche Gletscherstirn in der Mitte und orographisch links in einem Eisbruch am Steilabbruch bei Seehöhe 2500m endete und dort somit keine Marken anbringbar waren.
Lage von Marke II: bei Kote 2546 der Aufnahme 1896 (46).
3. Marke IA, Zungenmarke, rechts, 1896-1933. Von Machacek, Penck angebracht, 1900 neu gesetzt, Meßrichtung östlich, somit gut verwendbar.
Lage: bei Kote 2514 der Aufnahme 1896 (46).
4. Marke IB, selbe Marke wie IA, nur andere Meßrichtung, südöstlich, weniger gut brauchbar als IA, da schräger zur Gletscherlängsachse.
5. Marke III, Zungenmarke, rechts, 1900-1917. Von Machacek angelegt, oberste der drei Marken I, II, III, bei Kote 2568 der Aufnahme 1896 (46). 2 Meßrichtungen angegeben, südöstlich bzw. ost-südöstlich, bei den Messungen jedoch nicht angegeben, welche Richtung verwendet wurde.
6. Marke IB17A, Zungenmarke, rechts, 1905-1933. Bereits von Götzinger, 1905 angegeben (20), später auch IBA genannt (seit 1928), Nachfolgemarke für I, auch bei Kote 2514, Meßrichtung südlich.
7. Marke IB17B, Zungenmarke, rechts, 1917-1932. Selbe Marke wie Nr. 6, nur andere, besser verwendbare Meßrichtung und zwar ost-südöstlich.
8. Marke IIA17, Zungenmarke, rechts, 1917-1928. Von Angerer angelegt, weiter vom Gletscherende entfernt, da Vorstoß, Meßrichtung nicht angegeben, aber sicher auch mehr oder weniger schräg.
9. Marke I, Zungenmarke, rechts, 1948-1951. Von Tollner angelegt, nicht identisch mit Nr. 1, Lage schwierig deutbar, da nie Absolutentfernungen zum Gletscherrand angegeben.
10. Marke II, alles wie bei Nr. 9
11. Marke A, Zungenmarke, rechts, 1951-1964. Von Tollner angelegt, wahrscheinlich als Nachfolgemarke für I, keine Absolutentfernungen zum Eisrand angegeben.
12. Marke B, Zungenmarke, links, 1951-1964. Erstmals eine Marke orographisch links, keine Angaben über die Meßrichtung.
13. Marke IIIA, Zungenmarke, rechts, 1964-1973. Von Tollner als Nachfolgemarke für Nr. 11 angelegt, Lage der Skizze im Gletscherbericht 1980 entnehmbar.
14. Marke IIIB, Zungenmarke, links, 1964-1973. Von Tollner als Nachfolgemarke für Nr. 12 angelegt.
15. Marke C, Zungenmarke, rechts, 1966-1973. Von Tollner angelegt, nördlich von A, keine Angaben über die Meßrichtung.
16. Marke A72, Zungenmarke, rechts, 1972-1983. Von Tollner als Nachfolgemarke für A angelegt. Ab 1979 Meßrichtung mit 100 Grad angegeben.
17. Marke B72, Zungenmarke, links, 1972-aktuell. Von Tollner als Nachfolgemarke für B angelegt, seit 1979 Meßrichtung mit 80 Grad angegeben, Lage dem Gletscherbericht 1979 entnehmbar.
18. Marke C72, Zungenmarke, rechts, 1972-aktuell. Von Tollner als Nachfolgemarke für C angelegt, seit ca. 1975 zunehmend schwierig, da zwischen Marke und Gletscherende ein Vorlandsee entstand.
19. Marke E75, Zungenmarke, rechts, 1975-1979. Von Tollner als Nachfolgemarke für C72 angelegt, 1980 nicht mehr aufgefunden.
20. Marke M, Zungenmarke, rechts, 1979-aktuell. Von Hammer, Böhm angelegt, repräsentiert gut die Mitte des rechten, aktiven Gletscherteils, links sind nur mehr Toteismassen unter Schutt vorhanden, allerdings wie bei Nr. 18, 21 und 22 Schwierigkeiten durch den Vorlandsee.
21. Marke 79 + , Zungenmarke, rechts, 1979-aktuell. Von Hammer, Böhm angelegt, ebenfalls "Seemarke".
22. Marke D80, Zungenmarke, rechts, 1980-aktuell. Von Hammer, Böhm angelegt, ebenfalls "Seemarke".
23. Marke A82, Zungenmarke, rechts, 1982-aktuell. Von Hammer, Böhm als Nachfolgemarke für A72 angelegt, zur Lage siehe Skizze im Gletscherbericht 1982.

3.2.1.1. Das Längenverhalten des Goldberggletschers

Der Rückzug setzte, soweit er aus Bergbauberichten und morphologischen Zeugen vor der Zeit der Messungen abgeschätzt werden konnte, um 1870 voll ein und hielt nahezu unvermindert in der Periode der ersten Messungen bis zur kartographischen Aufnahme von 1909 an. Dann zeigte sich auch hier der für diesen Zeitraum typische Halt, der stellenweise einen geringfügigen Vorstoß brachte, der sich auch in einer kleinen Stirnmoräne im flachen untersten Boden dokumentierte.



Bild 7 Gletschertor Goldberggletscher:
Oberhalb des Felsriegels konnte sich ein Zungensee ausbilden, der aber auf Grund des reichlichen Materialnachschiebs durch den Gletscherbach meist sehr flach ist. Von Jahr zu Jahr wechselt die Gestalt des Gletschertors (Bild R. Böhm).

Der dann wieder einsetzende Rückzug verstärkte sich bis in die späten 40er Jahre, als sich die Zunge nach Zerfall des Unteren G'rupeten Kees hinter einer Felschwelle stabilisieren konnte. Der weitere Rückgang war wesentlich langsamer, im eisfrei gewordenen Becken konnte sich in der Folge ein kleiner See bilden, der aber durch die vom Gletscherbach antransportierten Materialien einer raschen Verlandung unterlag.

Die günstigere Periode ab etwa Mitte der 60er Jahre zeigte sich im folgenden Jahrzehnt in einer gesünderen, aufgewölbten Zunge, die auch geringfügige Vorstoßtendenzen zeigte. Die extrem warmen Sommer 1982 und 1983 brachten diese aber sofort wieder zum Erliegen.

3.2.1.2. Das Längenverhalten des Kl. Fleißkeeses

Zu Beginn der Untersuchungsperiode zeigte das Kl. Fleißkees ein völlig abweichendes Verhalten. Die Position unterhalb der Steilstufe um 2500 m konnte nicht gehalten werden, diese war auch während des Hochstandes immer nur schwach ausgebildet. An der Oberkante bzw. hinter der Schwelle kam es daraufhin zu einem langen Halt mit fallweisen Eisabbrüchen.

Somit konnte die Zunge bis zum Beginn der ungünstigen Periode Anfang der 30er Jahr stabil bleiben, als dann langsam der sich laufend verstärkende Rückzug über die Flachzone einsetzte. An der Stelle stärkster Übertiefung am Fuß der nächsten Steilstufe bildete sich auch hier in den Siebzigerjahren am rechten Zungenteil ein kleiner See aus, in den fallweise Eis abbricht bzw. eingeschobene Eismassen aufschwimmen und sich dadurch von der Zunge lösen.

Der Massenzuwachs der 70er Jahre führte nicht zu einem signifikanten Vorstoß an der Zunge, vielmehr ging gerade in den Siebzigerjahren das Zungenende um den Betrag des Sees zurück. Seither ist der Eisrand auch wieder flacher geworden und befindet sich weiter im Rückschmelzen. Nur oberhalb des Steilabbruches konnte in den Siebzigerjahren an der orographisch rechten Seiten Material aufgeschoben werden, auch dort ist der Eisrand aber bereits wieder zurückgewichen.



Bild 8 Gletscherzunge Kleines Fleißkees, September 1982:

Der in den Siebzigerjahren entstandene Zungensee nimmt einen großen Teil der Breite des heutigen Vorfeldes ein, häufig ist ein Gletschertor ausgebildet und fallweise bricht Eis durch den Auftrieb ab und schwimmt auf (Bild R. Böhm).



Bild 9 Gletscherzunge und Vorland, Kleines Fleißkees, September 1983:
Der talwärtige Blick läßt die heutige Situation von Zunge, Vorfeld und See gut erkennen. Rechts die eindrucksvoll hohe Seitenmoräne von 1850 (Bild R. Böhm).

3.2.2. Messungen der Fließgeschwindigkeit an der Eisoberfläche

Im Zuge der Untersuchung des Gesamthaushaltes eines Gletschers kommt auch der Feststellung der räumlichen und zeitlichen Variation der Fließgeschwindigkeit, deren Richtungsvektoren sowie des Stromstriches (Linie der größten Fließgeschwindigkeit) große Bedeutung zu. Derartige Messungen werden derzeit leider an keinem der beiden Gletscher durchgeführt, liegen aber über jeweils eine Reihe von Jahren vom Goldberggletscher (38) und vom Kl. Fleißkees (71) aus früheren Jahrzehnten vor. Um eine Vorstellung von der Größenordnung dieser Faktoren zu geben, seien hier die Resultate dieser Arbeiten kurz zusammengefaßt, für detailliertere Angaben sei auf die Originalberichte verwiesen.

Natürlich können die Zahlenangaben nur auf die damaligen Haushalts- und Massenverhältnisse bezogen gesehen werden und lassen auf Grund der völlig unterschiedlichen heutigen Ernährungssituation der Eismassen keinen Schluß auf gegenwärtige Verhältnisse zu. Eben diese enge Abhängigkeit der Fließgeschwindigkeit (immer an der Oberfläche - zu deren 3dimensionaler Verteilung s. 85 und 43) vom jeweiligen Haushaltszustand bedeutet aber auch, daß in gemeinsamer Betrachtung mit anderen Meßgrößen wesentliche Zusatzinformationen zu gewinnen sind. Rückschlüsse auf Eisdicke, Gestaltung des Gletscherbettes und direktere Aussagen über Bilanzen (gegenüber Messungen am Zungenende) sind möglich.

Werden zur Geschwindigkeitsmessung Pegel verwendet, so ergeben sich zusätzlich Daten zur Submergenz- und Emergenzbewegung der Fließlinien, was gemeinsam mit der zugleich durchgeführten Feststellung von Auftrag bzw. Einsinken an der Eisoberfläche erste Abschätzungen des Massenhaushaltes gestattet (vgl. 38).

Zum Vergleich kann auch auf die in den letzten Jahren am Wurtenkees registrierten Geschwindigkeiten verwiesen werden, die auf Grund dessen extrem schlechter Ernährungslage in weiten Bereichen unter 1 m / Jahr liegen, in den aktiven Zonen aber auch 5 m / Jahr überschreiten (11).

3.2.2.1. Zur Fließgeschwindigkeit am Goldberggletscher

Im Sommer 1930 wurden von HACKER zwei Steinreihen quer über das Gletscherbett des Goldberggletschers ausgelegt, über deren Nachmessung bzw. die Interpretation der Ergebnisse jeweils LICHTENECKER (37, 38) berichtet. Die obere Steinreihe quert den Gletscher etwas oberhalb der Rojacherhütte in ca. 2720 m Höhe gerade unterhalb des oberen Steilabbruches. Eine zweite, untere Steinreihe liegt zwischen Oberem und Unterem G'rupeten Kees in etwa 2500 m Höhe. Eine Übersicht der daran bis 1937 erfolgten Geschwindigkeitsmessungen wird in Tab. 7 gegeben. Bis 1936 wurde die kumulative Verlagerung der Steinmarken verfolgt, dann diese auf die ursprüngliche Linie zurückversetzt.

Tab. 7: Jährliche Minima, Maxima und Mittelwerte der Fließbewegung an der Eisoberfläche des Goldberggletschers in m, (nach 37, 38)

Jahr	Oberes Profil			Unteres Profil		
	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel
1930/31				0.2	7.8	4.2
1931/32	0.1	1.6	1.0	0.2	7.8	4.1
1932/34	0.3	1.3	0.8	0.2	6.4	3.6
1930/34	0.2	2.1	1.2	0.2	7.1	3.8
1934/36	0.3	1.6	0.8	1.3	7.3	4.4
1936/37	0.2	2.6	1.1	1.3	5.9	3.8

Die jeweils auf jährliche Mittel reduzierten Angaben in Tab. 7 beruhen auf unterschiedlichen Zahlen eingemessener Marken, was auch erklärt, daß sich das Mittel der Bewegung der Periode 1930 - 34 nicht einfach aus den jährlichen Mittelwerten ableiten läßt.

Ein erstes auffälliges Faktum ist, daß die untere Steinreihe eine signifikant höhere Fließgeschwindigkeit aufweist, was LICHTENECKER durch den wohl schon damals fast fehlenden Nachschub über den obersten Steilabbruch und einer vermuteten Rücktiefung des obersten Bodens erklärt. Dazu kommen noch der schmälere Querschnitt am unteren Profil sowie die am Südwest-Ende nicht zur Fließrichtung normale Lage des oberen Profils. Weiters ist die Oberflächengeschwindigkeit im Vergleich zu anderen ostalpinen Gletschern dem Betrag nach auffällig gering. Der starke Rückzug während der 30er Jahre und die allgemein nur mehr geringe Eismächtigkeit, verbunden mit dem aussetzenden Eisschub aus dem ehemaligen Nährgebiet, vermitteln das Bild eines stagnierenden, "langsam vor sich hinschmelzenden" Gletschers.

Zusätzlich fällt auf, daß sich "schnelle" und "langsame" Perioden im untersuchten Zeitraum an den beiden Profilen zeitlich nicht entsprechen. Bei der allgemein geringen Geschwindigkeit kann wohl kaum von "kinematischen Wellen" aus guten Haushaltsjahren gesprochen werden, da diese im Verhältnis zu den rasanten Abschmelzprozessen wenig wirksam werden können. Da sich die Mittelwerte aus breit gestreuten Einzelwerten errechnen, steht wohl das lokale Zusammenspiel von Eisschub, Verlagerung basaler Abflurrinnen, wechselnden Akkumulationsverhältnissen und unterschiedlicher Witterungsbeeinflussung der verschiedenen exponierten Profillinien im Vordergrund.

Die Asymmetrie des Gletscherbettes zeigt sich auch bei der Verteilung der Geschwindigkeiten innerhalb der Steinreihen. Die höchsten Versetzungsbeträge treten jeweils nahe der durch Abschattung begünstigten Südumrahmung des Beckens auf, wie es für die Zone größter Eismächtigkeit ja auch zu erwarten ist. Der stark Einstrahlung absorbierende und daher auch kaum Nachschub erhaltende Nordrand des Gletschers ist nur mehr gering mächtig, deshalb auch kaum bewegt und in starkem Rückzug begriffen. Besonders deutlich zeigt dies auch der rasche Rückgang des linken Zungenlappens (mit Abschnürung ca. 1937) des ursprünglich (1896) längeren, linken Lappens, während der vom heutigen Stromstrich ernährte rechte Lappen wesentlich langsamer abschmilzt.

Einige zusätzliche Geschwindigkeitsdaten wurden an Pegelrohren südöstlich der Fleißscharte im Nährgebiet gewonnen. Diese Pegel wurden im Vergleich von 1931 und 1932 im Mittel um 3.5 m bewegt. Dieser Wert sagt in Verbindung mit der dort beträchtlichen Akkumulation (s. Schneepegelmessungen) einiges über den einstrahlungsbedingt enorm hohen Massenumsatz dieses obersten, südostexponierten Hanges aus, da in den Folgejahren der Zusammenhang mit den tieferliegenden Gletscherteilen trotzdem völlig unterbrochen wurde.

3.2.2.2. Zur Fließgeschwindigkeit am Kl. Fleißkees

In der zweiten Hälfte der 50er und ersten Hälfte der 60er Jahre wurde von TOLLNER ein Querprofil (ebenfalls als Steinreihe) geführt, und zwar im Bereich der Zunge in einer Höhe von ca. 2600 m unterhalb des Steilabbruches. Die einzelnen Meßergebnisse sind bei TOLLNER (71) nachzulesen und wurden in Tab. 8 überblicksweise zusammengestellt.

Tab. 8: Jährliche Minima, Maxima und Mittelwerte sowie jeweilige Anzahl der Meßpunkte (N) der Fließbewegung der Eisoberfläche des Kl. Fleißkees in m, (nach 71)

Jahr	Zungenprofil			N
	Min	Max	Mittel	
1954/55	0.7	3.2	2.1	8
1955/56	0.1	3.1	1.8	7
1956/58	1.0	3.7	2.6	7
1958/59	0.7	3.8	2.4	7
1959/60	0.9	4.2	2.7	7
1960/61	0.5	3.5	2.1	6
1962/63	1.8	3.8	2.8	3
1963 bis 1967 Zunge unter Altschnee bzw. Firn				

Nachdem die Steinreihe in der gletschergünstigen Periode der 60er Jahre lange nicht auffindbar war, wurden die Messungen eingestellt. Die Absolutbeträge sind außerordentlich gering, was wohl auch darauf zurückzuführen ist, daß das Profil sehr nahe der Zunge in einer Zone maximaler Abschmelzung unterhalb des ebenfalls an der Masse zehrenden Gletscherbruches lag. Wenn auch damit vielleicht die Fließgeschwindigkeit nicht für den Gesamtgletscher repräsentativ ist, so zeigt doch die Gegenüberstellung mit den Rückzugsbeträgen der Zunge Interessantes. Bei der offensichtlich gegebenen derzeitigen stark positiven Energiebilanz in diesem Bereich ist auch bei allgemeinem Massenzuwachs ein wesentlich rascherer Zuwachs erforderlich, um auch nur ein stationäres Zungenende zu gewährleisten. Der zeitlich versetzt wirkende Zusammenhang von Massenbilanz, Fließgeschwindigkeit und Zungenverhalten wird somit hier gut illustriert.

Die Zone größter Geschwindigkeit liegt links der Gletschermitte im mächtigeren, durch Abschattung begünstigten Teil der Zunge. Rechts fließt nur mehr wenig Eis über die zunehmend abgeschnürte Steilstufe nach, was dort zu geringeren Fließgeschwindigkeiten führt. Dasselbe gilt auch hinsichtlich des aus denselben Gründen rechts stärkeren Einsinkens der Eisoberfläche.

3.2.3. Flächenänderungen

Flächenänderungen an sich sind noch nicht wesentlich aussagekräftiger als Längenmessungen, sie sind im zweidimensionalen Medium Karte jedoch leicht zu messen und bilden die Grundlage für weitergehende Berechnungen (Volumen). Besonders morphologische Zeugen früherer Stände sind für eine Flächenabschätzung meist besser geeignet als

für eine Volumensfeststellung. Für manche Fragestellungen ist es wichtig zu beachten, daß es sich immer um die Vertikalprojektion der wahren Flächen handelt. Etwa für die Untersuchung von Austauschvorgängen (Energietransfers . . .) an der Oberfläche muß auf die wahren Flächen zurückgerechnet werden.

Spezielle Teilflächen mit rascher Änderungscharakteristik sind vor allem im hydrologisch-klimatologischen Bereich von Bedeutung und sind in der Regel nicht aus Standardkartierungen abzuleiten. Dazu zählen z.B. die Albedoverhältnisse, unterschiedliche Abflußverzögerung durch differenzierten Kältegehalt usw.

Tabelle 9: Verzeichnis der Gletscherkarten von Goldberggletscher und Kl. Fleißkees

1. Czykanek: Karte von Illyrien, Section I, Col. VIII, 1: 28800, Aufnahmejahr 1807/08. K.u.k. militärgeographisches Inst.
2. Domansky: Originalaufnahme des Mölltales und Seitenwinkeltales, 1:25000, Höhenliniendistanz 100m, Aufnahmejahr 1871 K.u.k. militärgeographisches Inst, veröff. in Z. f. Met., 1887, H.2.
3. Richter, E.: Karte der Sonnblickgletscher, 1:50000, Höhenliniendistanz 100m, angefertigt nach Karte 2, veröffentlicht in (50).
4. Freytag, G.: Karte des Sonnblicks und Umgebung, 1:50000, Höhenliniendistanz 100m, Gletscherstand unklar (zwischen 1871 und 1892) veröffentlicht in (19), kritisiert in (46).
5. Karte Goldberggletscher-Kl. Fleißkees 1:10000, Höhenliniendistanz 50m, Gletscherstand 1871, vergrößert, korrigiert, Höhenlinien interpoliert nach Karte 2, Gletscheruntergrund nach (12), Erstveröffentl. in dieser Arbeit.
6. Penck A., Forster, A. u. F. Machacek: Karten der Gletscherzungen von Goldberggletscher und Kl. Fleißkees 1:10000, Höhenliniendistanz 10m, Gletscherstand 1896, veröff. in (46), zusätzlich mit Gletscheruntergrund in dieser Arbeit enthalten.
7. A. v. Hübl, K. Wollen, I. Tschamler: Karte des Goldberggletschers, 1:10000, Höhenliniendistanz 20m, Gletscherstand 1909, veröff. in (26), zusätzlich mit Gletscheruntergrund in dieser Arbeit enthalten.
8. Kartenblatt 154/4 (Kolm-Saigurn) der ÖK 1:25000, Höhenliniendistanz 20m, Gletscherstand 1930/31, Bundesamt f. Eich- und Vermessungswesen.
9. Alpenvereinskarte Nr. 42 (Sonnblick), 1:25000, Höhenliniendistanz 20m, Gletscherstand 1930/31, Alpenvereinskartographie, 1964.
10. Karte Goldberggletscher-Kl. Fleißkees, 1:5000, Höhenliniendistanz 10m, Höhenlinien des Gletscheruntergrundes, Gletscherstand 1930/31, interne Arbeitsgrundlage für diese Arbeit, vergrößert, korrigiert, Höhenlinien interpoliert, nach Karten 8 und 9, Gletscheruntergrund und Umgebung nach (12) bzw. Karte 21.
11. Wie Karte 10, nur 1:10000 und 20m Höhenliniendistanz, veröffentl. in dieser Arbeit.
12. Goldberggletscher-Kl. Fleißkees, Gletschervergleich 1930/31-1953, 1:10000, Gletscheruntergrund nach (12), Gletscheroberflächenhöhenlinien für beide Termine, veröffentl. in (9) und (10).
13. Karte Goldberggletscher und Kl. Fleißkees, 1:5000, Höhenliniendistanz 10m, Höhenlinien des Gletscheruntergrundes, Gletscherstand 1953, interne Arbeitsgrundlage für diese Arbeit, nach photogrammetrischer Neuaufnahme des Inst. f. Photogrammetrie der TU. Wien, 1982. Gletscheruntergrund nach (12).
14. Wie Karte 13, nur 1:10000 und 20m-Höhenliniendistanz, erstveröffentlicht in dieser Arbeit.
15. Goldberggletscher-Kl. Fleißkees, Gletschervergleich 1953-1969, sonst alles wie Karte 12.
16. Karte Goldberggletscher-Kl. Fleißkees, 1:10000, Höhenliniendistanz 10m, Gletscheroberfläche und Gletscheruntergrund, Gletscherstand 1969, veröffentlicht in (12).
17. Gesamtkarte der Gletscher der Sonnblickgruppe, 1:10000, Höhenliniendistanz 10m, Gletscherstand 1969, interne Arbeitsgrundlage für die Erstellung des Österr. Gletscherkatasters (45), photogrammetr. Auswertung der Gesamtbefliegung 1969 der österr. Gletscher.
18. Karte Goldberggletscher-Kl. Fleißkees, 1:5000, Höhenliniendistanz 10m, Gletscheroberfläche und Gletscheruntergrund, vergrößert nach Karte 16, Gletscherstand 1969, Umgebung nach Karte 21, interne Arbeitsgrundlage für diese Arbeit.
19. Kartenblatt 154 Süd (Rauris) der ÖK 1:25000, Höhenliniendistanz 20m, Gletscherstand 1969, (nicht wie fälschlich in der Legende angegeben 1979), Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen.
20. Wie Karte 18, nur 1:10000 und 20m Höhenliniendistanz, erstveröffentlicht in dieser Arbeit.
21. Karte Goldberggletscher-Kl. Fleißkees, 1:5000, 10m Höhenliniendistanz, Gletscheroberfläche und Gletscheruntergrund, interne Arbeitsgrundlage für diese Arbeit nach photogrammetrischer Neuaufnahme 1:5000 des Inst. f. Photogrammetrie der TU. Wien, 1982. Gletscheruntergrund nach (12) Gletscherstand 1979.
22. Wie Karte 21, nur 1:10000 und 20m-Höhenliniendistanz, erstveröffentlicht in dieser Arbeit.
23. Goldberggletscher-Kl. Fleißkees, Gletschervergleich 1969-1979, sonst alles wie Karte 12.
24. Nationalpark Hohe Tauern - Orthofotokarten 1:10000, interne Arbeitsgrundlage des Österr. Bundesinst. f. Gesundheitswesen, Höhenliniendistanz 20m, Gletscherstand Sonnblickgebiet 1983 Farborthofotos mit Höhenlinien, Kartengröße der Einzelkarten 100 mal 100 cm.

Hinsichtlich der Unterlagen für die Flächenbestimmung der beiden hier untersuchten Gletscher sei auf die Liste der kartographischen Unterlagen (Tab. 9) verwiesen. In der Regel wurden die im Anhang im Maßstab 1:10000 enthaltenen Karten im Maßstab 1:5000 ausgewertet (Ausnahme 1871), was auch für die folgenden abgeleiteten Maße gilt.

An Instrumenten wurde für den jeweils frühesten Zeitabschnitt (1871-1909 bzw. 1871-1930) ein Polarplanimeter verwendet, für alle anderen Abschnitte ein Digitizer in Verbindung mit entsprechender Grafik-Software an einem Apple II-Microcomputer. Diese Methode bot zwar ein rasches und verhältnismäßig komfortables Arbeiten, hat jedoch bei kleinen und besonders schmalen Teilflächen den Nachteil eines etwas größeren Fehlers. Die Reproduzierbarkeit lag innerhalb von $\pm 3\%$.

An einigen Stellen ergaben sich aus den Karten Probleme bei der eindeutigen Abgrenzung der Gletscher. Toteis unter Moränenschutt im Zungenbereich, Firnschürzen, von Schneebedeckung und Ernährungszustand abhängige Ausaperung in höheren Zonen sowie der kleinräumige Zerfall in Abreißzonen ergeben von der subjektiven Beurteilung des jeweiligen Kartographen abhängige Gletschergrenzen. Spätere Aufnahmen, Photographien usw. widersprechen dann häufig dieser Interpretation. Es wurde versucht, jeweils von Fall zu Fall eine bestmögliche Entscheidung zu treffen.

Beide untersuchten Gletscher lassen einen kontinuierlichen Rückgang bis 1969 und einen leichten Zuwachs bis 1979 erkennen.

3.2.3.1. Flächenänderungen des Goldberggletschers

Insgesamt verlor der Goldberggletscher im Beobachtungszeitraum rund 1 km², was hauptsächlich auf den Zungenrückgang und Auflösungserscheinungen zurückzuführen ist.

Tabelle 10

FLÄCHEN NACH HÖHENZONEN Goldberggletscher Einheit: 10³m²

m	1871		1909		1931		1953		1969		1979	
	abs	%	abs	%	abs	%	abs	%	abs	%	abs	%
>3050	13	0.5	29	1.2	19	0.8	13	0.7	16	0.9	26	1.4
3000 - 3050	59	2.1	51	2.1	50	2.1	45	2.4	55	3.0	60	3.2
2950 - 3000	109	3.8	108	4.4	103	4.4	97	5.3	98	5.4	103	5.4
2900 - 2950	126	4.4	128	5.2	131	5.6	107	5.8	108	6.0	107	5.6
2850 - 2900	86	3.0	97	3.9	104	4.5	78	4.2	75	4.1	70	3.7
2800 - 2850	92	3.2	76	3.1	90	3.9	43	2.3	47	2.6	61	3.2
2750 - 2800	193	6.8	163	6.6	131	5.6	75	4.1	76	4.2	74	3.9
2700 - 2750	643	22.6	590	24.1	551	23.7	303	16.5	265	14.6	308	16.3
2650 - 2700	238	8.4	298	12.1	298	12.8	479	26.1	510	28.1	503	26.6
2600 - 2650	169	5.9	167	6.8	159	6.8	148	8.1	167	9.2	152	8.0
2550 - 2600	146	5.1	101	4.1	101	4.3	69	3.8	64	3.5	74	3.9
2500 - 2550	177	6.2	156	6.4	125	5.4	71	3.9	62	3.4	75	4.0
2450 - 2500	249	8.8	243	9.9	246	10.6	162	8.8	111	6.1	129	6.8
2400 - 2450	133	4.7	99	4.0	110	4.7	105	5.7	120	6.6	111	5.9
2350 - 2400	119	4.2	65	2.7	58	2.5	43	2.3	39	2.2	41	2.2
2300 - 2350	189	6.7	82	3.3	52	2.2						
2250 - 2300	55	1.9	0	0.0								
2200 - 2250	44	1.5										
<2200	1	0.0										
SUMME	2841		2453		2328		1838		1813		1894	

Tabelle 11

GLETSCHERNORMALKURVEN
Goldbergletscher Perzentilwerte

Höhen- intervall	1871		1909		1931		1953		1969		1979	
	Anteil %	kum. %	Anteil %	kum. %	Anteil %	kum. %	Anteil %	kum. %	Anteil %	kum. %	Anteil %	kum. %
0 - 10%	1.3	100.0	2.9	100.0	2.3	100.0	5.2	100.0	6.1	100.0	6.4	100.0
10 - 20%	7.9	98.7	4.9	97.1	4.9	97.7	11.8	94.8	9.1	93.9	8.9	93.6
20 - 30%	7.4	90.8	13.5	92.2	13.2	92.8	5.2	83.0	5.0	84.8	5.6	84.7
30 - 40%	13.6	83.4	7.9	78.7	8.4	79.6	9.6	77.8	9.8	79.8	10.2	79.1
40 - 50%	9.5	69.8	10.5	70.8	10.3	71.2	34.6	68.2	37.5	70.0	36.4	68.9
50 - 60%	12.5	60.3	31.9	60.3	30.9	60.9	12.4	33.6	9.7	32.5	9.8	32.5
60 - 70%	27.8	47.4	9.6	28.4	10.3	30.0	3.7	21.2	3.9	22.8	4.6	22.7
70 - 80%	7.3	20.0	4.7	18.8	6.0	19.7	7.4	17.5	8.3	18.9	6.7	18.1
80 - 90%	6.6	12.7	8.9	14.1	8.8	13.7	7.6	10.1	7.5	10.6	7.4	11.4
90 - 100%	6.1	6.1	5.2	5.2	4.9	4.9	2.5	2.5	3.1	3.1	4.0	4.0

In Tab. 10 sind die Flächenverhältnisse gegliedert nach Höhenzonen zusammengestellt und in Abb. 4 graphisch umgesetzt.

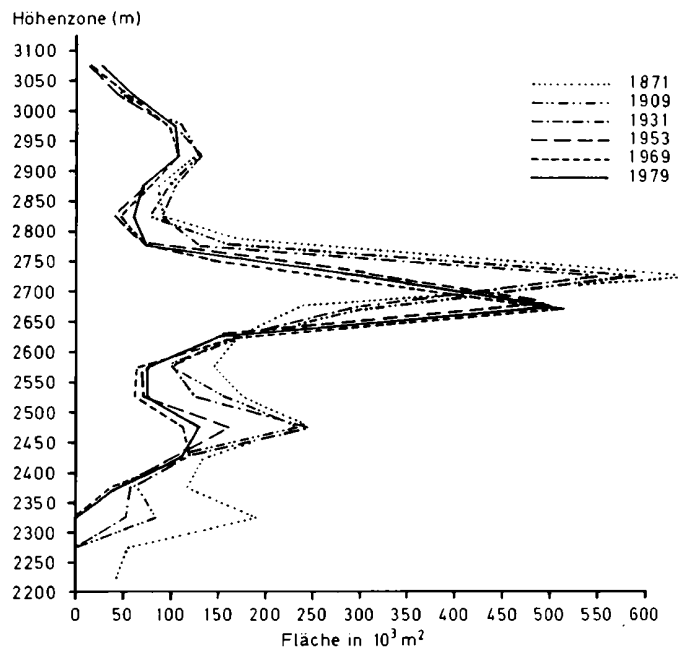
FLÄCHE GOLDBERGGLTSCHER


Abb. 4: Fläche des Goldberggltschers in 50m-Seehöhensegmenten von 1871 - 1979

Der Schwerpunkt der Flächenverteilung hat sich in eine tiefere Höhenzone verlagert, da die dominante Zone an Höhe verlor und dadurch die entsprechende Isohypse rückverlagert wurde. Sonst liegen die größten Verlustzonen in den Steilstufen und im Zungenbereich. Ein Überblick der Veränderungen ist den Gletschnormalkurven zu entnehmen. (Tab. 11, Abb. 5 und 6), die durch die vorgenommene Standardisierung den Vergleich verschiedener Gletscher erleichtern bzw. die relative Gewichtung der Höhenzonen ersichtlich werden lassen.

NORMALKURVEN GOLDBERGGLETSCHER

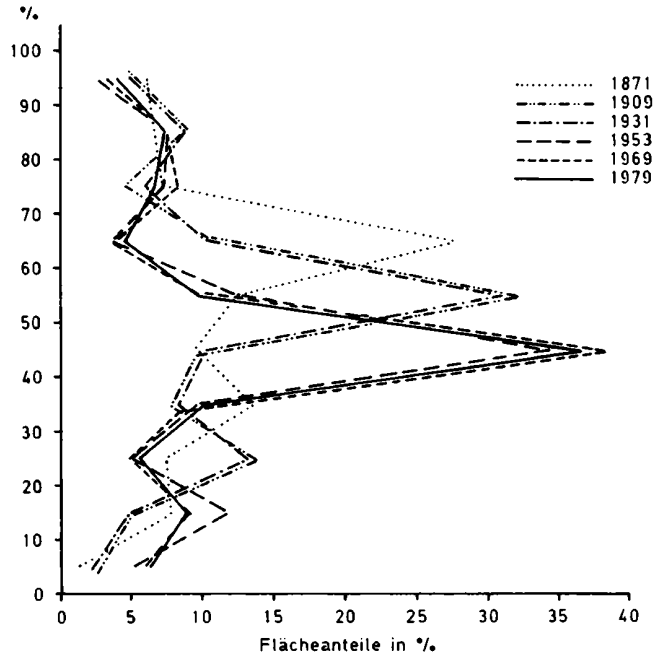


Abb. 5: Goldberggletscher - Normalkurven von 1871 - 1979
(Flächen-Seehöhenkurve wie in Abb. 4, nur sind Flächen und Seehöhen normiert, wodurch verschiedene Gletscher objektiv vergleichbar werden)

GOLDBERGGLETSCHER

NORMIERTE HYP SOGRAPHISCHE KURVEN

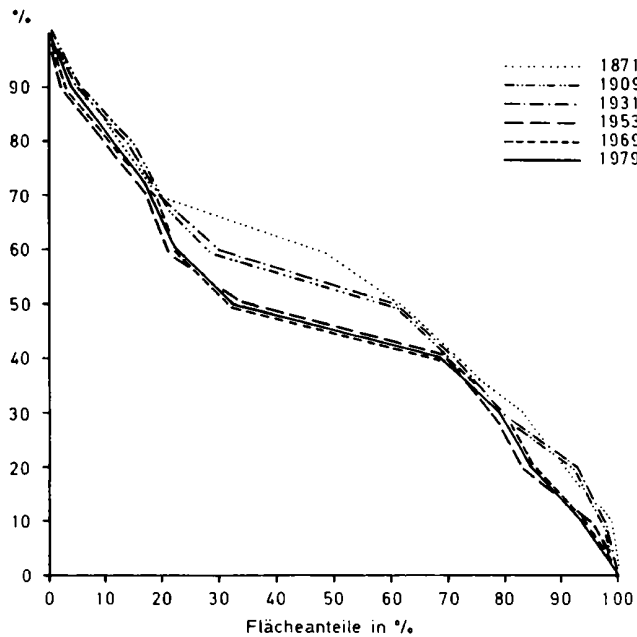


Abb. 6: Goldberggletscher - Normierte hypsographische Kurven von 1871 - 1979
(Wie Abb. 5, nur kumulativ aufgetragen)

3.2.3.2. Flächenveränderungen des Kl.Fleißkees

Im (kürzeren) gut dokumentierten Zeitraum verlor das Kl.Fleißkees vor allem im Zungenbereich, die Verluste bis 1969 in höheren Zonen konnten in der letzten Dekade z.T. wieder wettgemacht werden. Die Zusammenstellung der kartometrischen Daten findet sich in Tab. 12 und Abb. 7. Das Einsinken und die damit verbundene Verschiebung der Höhenzonen zeigt sich hier in geringerem Ausmaß und erklärt u.a. den Zuwachs in der Zone 2750-2800m.

Tabelle 12 FLÄCHEN NACH HÖHENZONEN
Kl. Fleißkees Einheit: 10³m²

m	1931		1953		1969		1979	
	abs	%	abs	%	abs	%	abs	%
>3050	9	0.6	4	0.3	5	0.4	8	0.6
3000 - 3050	37	2.4	31	2.5	39	3.2	47	3.8
2950 - 3000	120	7.7	99	8.0	106	8.6	118	9.6
2900 - 2950	206	13.2	127	10.2	151	12.3	156	12.6
2850 - 2900	405	25.9	302	24.3	310	25.2	338	27.4
2800 - 2850	248	15.9	267	21.5	256	20.8	252	20.4
2750 - 2800	80	5.1	123	9.9	119	9.7	112	9.1
2700 - 2750	60	3.8	27	2.2	24	2.0	26	2.1
2650 - 2700	122	7.8	64	5.1	57	4.6	50	4.1
2600 - 2650	171	10.9	100	8.0	76	6.2	61	4.9
2550 - 2600	70	4.5	92	7.4	85	6.9	65	5.3
2500 - 2550	35	2.2	8	0.6			1	0.1
SUMME	1565		1245		1226		1234	

Tabelle 13 GLETSCHERNORMALKURVEN
Kl. Fleißkees Perzentilwerte

Höhen- intervall	1930		1953		1969		1979	
	% Anteil	% kum.	% Anteil	% kum.	% Anteil	% kum.	% Anteil	% kum.
0 - 10%	1.3	100.0	3.9	100.0	7.3	100.0	5.2	100.0
10 - 20%	4.6	98.7	9.5	96.1	7.5	92.7	5.6	94.4
20 - 30%	13.0	94.1	6.8	86.6	3.1	85.2	3.7	89.2
30 - 40%	8.3	81.1	2.8	79.8	3.1	82.1	3.2	85.5
40 - 50%	4.5	72.8	9.6	77.0	13.0	79.0	11.2	82.3
50 - 60%	11.2	68.3	24.6	67.4	26.6	66.0	26.9	71.1
60 - 70%	27.1	57.1	25.4	42.8	20.3	39.4	23.9	44.2
70 - 80%	18.2	30.0	9.5	17.4	11.9	19.1	11.2	20.3
80 - 90%	9.7	11.8	6.9	7.9	5.7	7.2	7.4	9.1
90 - 100%	2.1	2.1	1.0	1.0	1.5	1.5	1.7	1.7

Die Gletschernormalkurven (Abb. 8 und 9, Tab. 13) zeigen ebenso wie die absolute Höhenverteilung der Flächen den im Vergleich zum Goldberggletscher breiteren oberen Flächen-schwerpunkt und ebenso ein tieferliegendes sekundäres Maximum der Flächenverteilung.

FLÄCHE KL.FLEISSKEES

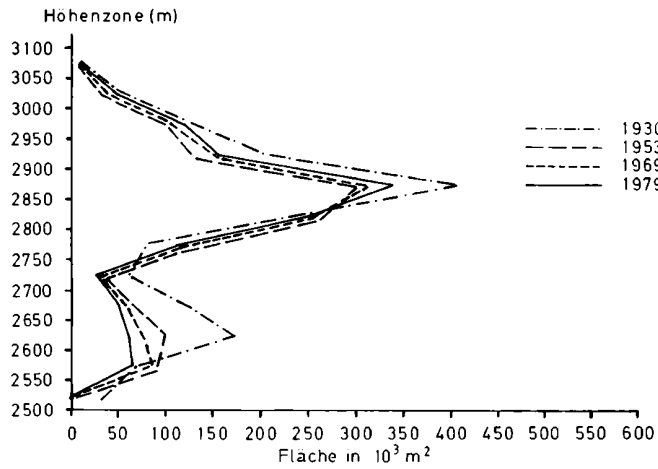


Abb. 7: Fläche des Kleinen Fliesskeeses in 50m-Seehöhensegmenten von 1930 - 1979

KL. FLEISSKEES

NORMIERTE HYPISOGRAPHISCHE KURVEN

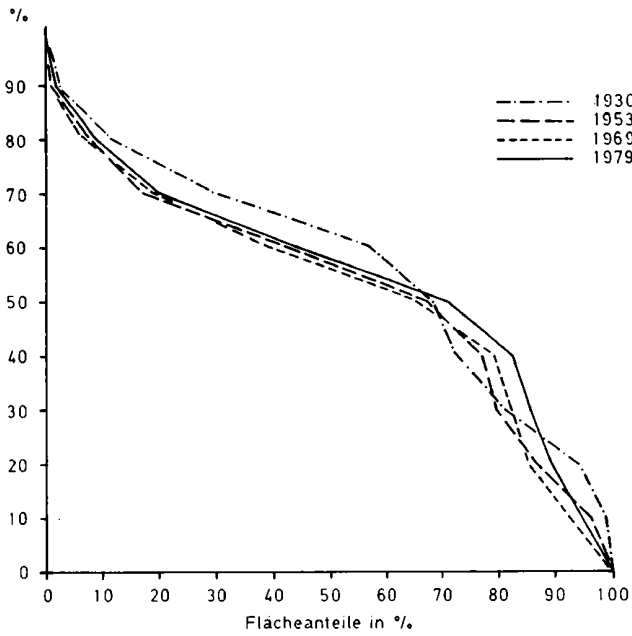


Abb. 9: Kleines Fliesskees - Normierte hypsographische Kurven von 1930 - 1979 (Erklärung siehe Abb. 5)

NORMALKURVEN KL. FLEISSKEES

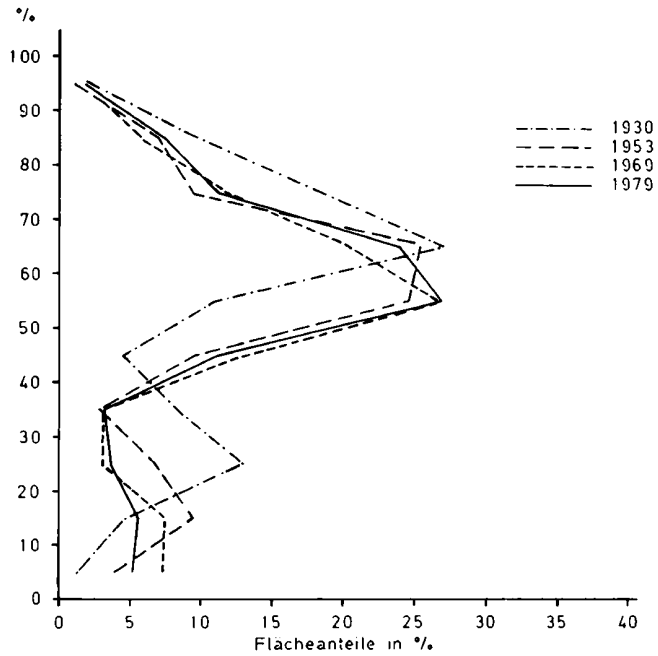


Abb. 8: Kleines Fliesskees - Normalkurven von 1930 - 1979 (Erklärung siehe Abb. 4)

3.2.4. Höhen- und Eisdickenänderung

Die jährliche Höhenänderung ist eine wesentliche, geodätisch erfaßbare Folge der jeweiligen Massenbilanzen, kann aber mit dieser wegen der Überlagerung mit der Vertikalkomponente der Gletscherbewegung ohne zusätzliche glaziologische Messungen nicht in direkten Zusammenhang gebracht werden. Integriert über die Gesamtfläche ergibt sich jedoch eine korrekte Volumensaussage (s. 3.2.5.). Insofern kann nur vom Einsinken bzw. der Aufhöhung einzelner Zonen gesprochen werden, die Verbindung zum Massenhaushalt ist zwar vorhanden, kann aber nicht unmittelbar quantifiziert werden (s.o.).

Die hier angegebenen Zahlen wurden als "Nebenprodukt" der Volumensdifferenzberechnung nach der Formel von FINSTERWALDER (15) gewonnen, sind naturgemäß nur die Mittelwerte der jeweiligen Perioden (bei großen Schwankungen) und dienen u.a. einer anschaulichen Darstellung der Volumensänderung, da Zahlen in Meterdimension doch leichter als Kubaturen von Millionen Kubikmetern einzuschätzen sind.

Gerade bei vergleichsweise kleinen und dünnen Gletschern wie in der Goldberggruppe sind alle diese Schwankungen besonders in ihrer Relation zum gesamten Vereisungsmaß zu sehen. Diesen Bezug zu Absolutwerten verdanken wir den Eisdickemessungen (12). Die daraus entstandene Gletscheruntergrundkarte ermöglichte (nach Korrekturen nach neuen photogrammetrischen Aufnahmen und in zwischenzeitlich eisfrei gewordenen Bereichen) die Berechnung von Absolutvolumina und absoluten Eisdicken, die auch graphisch in den Karten im Anhang dargestellt wurden. Die Höhenänderungen einzelner Zonen sind lokal zu den jeweils dort vorhandenen Eisdicken in Beziehung zu setzen, sodaß Zonen der Rückzugsgefährdung bzw. bestimmten massenbedingten Bewegungspotentials ebenso wie übertiefte Maxima gut erkenntlich sind.

Die Konstruktion der erwähnten Eisdickekarten erfolgte (im Gegensatz zur numerischen Volumsberechnung) auf graphischem Weg, d.h., es wurden die Schnittpunkte von Untergrund- und Oberflächen-Schichtenlinien entsprechend ihrer Wertedifferenz durch Isolinien verbunden, die als "Isopachen" Auskunft über die räumliche Verteilung der Eisdicke geben.

Der Vergleich mit anderen Gletschern ist gerade über die Zahlen der mittleren Höhenänderung gut möglich und wurde auch mehrfach praktiziert (10,15).

Zusätzliche, direkte Messungen der lokalen Höhenänderung sind die Messungen an Querprofilen, die bereits im Kapitel über Bewegungsmessungen angesprochen wurden. Ebenso werden im Zuge der jährlichen Längenmessungen auch verschiedenen Marken am Gipfelaufbau des Hohen Sonnblicks vertikal zur Gletscheroberfläche gemessen. Diese Werte sind zwar im jährlichen Vergleich wegen der unterschiedlichen Oberfläche bzw. Schneemächtigkeit kaum brauchbar, deuten aber auf langfristige Tendenzen hin, ebenso wie die photographische Dokumentation des Auftauchens und Versinkens von Felsinseln ("Palfen") im Gipfelbereich grob den Ernährungszustand anzeigt.

Ebensolche Angaben zur lokalen Höhenänderung im Jahresrhythmus sind den Schneepegelbeobachtungen auf den Gletscherflächen zu entnehmen, die von den Beobachtern des Observatoriums durchgeführt werden und jeweils in den Jahresberichten des Sonnblickvereines publiziert werden. Diese zeigen über den jährlichen Verlauf von Akkumulation und Abbau der Schneedecke hinaus als "Firnrest" eine eventuelle Rücklage des vergangenen Haushaltsjahres, also eine (soweit vorhanden) lokal positive Bilanz. Diese lange Reihe der Messungen in der Fleißcharte ergibt einen hervorragenden Überblick über langjährige Verhältnisse und kann als grober Indikator für die jeweiligen Haushaltsjahre herangezogen werden. (Vergl. (87))

3.2.4.1. Höhenänderung des Goldberggletschers

Tabelle 14

HÖHENÄNDERUNG NACH HÖHENZONEN
Goldberggletscher Einheit: m

m	1871		1909		1931		1953		1969		1979
	abs	jährl	abs	jährl	abs	jährl	abs	jährl	abs	jährl	jährl
> 3050	8.8	0.23	-4.3	-0.19	-4.4	-0.20	1.1	0.07	11.75	1.17	
3000 - 3050	6.3	0.16	-8.7	-0.38	-4.4	-0.20	4.1	0.26	9.9	0.99	
2950 - 3000	1.9	0.05	-6.0	-0.26	-2.0	-0.09	3.8	0.24	7.6	0.76	
2900 - 2950	1.0	0.03	-4.8	-0.21	-4.6	-0.21	3.1	0.19	7.6	0.76	
2850 - 2900	4.0	0.10	-2.3	-0.10	-11.8	-0.53	1.7	0.10	6.7	0.67	
2800 - 2850	-0.6	-0.02	8.1	0.35	-25.6	-1.16	0.2	0.01	2.6	0.26	
2750 - 2800	-8.8	-0.23	6.3	0.27	-22.3	-1.02	-1.2	-0.08	2.0	0.20	
2700 - 2750	-4.8	-0.12	-0.5	-0.02	-19.0	-0.86	-3.4	-0.22	3.8	0.38	
2650 - 2700	-7.9	-0.20	-3.0	-0.13	-19.7	-0.89	-2.1	-0.13	3.3	0.33	
2600 - 2650	-5.7	-0.15	-3.8	-0.17	-9.2	-0.42	-0.6	-0.04	5.1	0.51	
2550 - 2600	-13.6	-0.35	-3.4	-0.15	-6.6	-0.30	1.5	0.09	3.4	0.34	
2500 - 2550	-18.0	-0.46	-6.2	-0.27	-12.1	-0.5	-0.9	-0.06	3.5	0.35	
2450 - 2500	-11.3	-0.29	-5.3	-0.23	-14.7	-0.67	-9.5	-0.59	4.7	0.47	
2400 - 2450	-22.7	-0.58	-7.0	-0.30	-34.4	-1.56	-15.7	-0.98	3.5	0.35	
2350 - 2400	-41.3	-1.06	-4.0	-0.17							
Gesamt	-12.1	-0.32	-3.1	-0.14	-15.5	-0.71	-2.6	-0.16	4.0	0.40	

Tab. 14 und Abb. 10 zeigen die mittlere Höhenänderung der einzelnen Perioden und veranschaulichen die langfristige Entwicklung, wobei aber auch Probleme der Mittelung von Höhenzonen mit bereichsweise sehr verschiedenen Tendenzen zu beachten sind. (Vgl. Karten in (9)). Deutlich zeigt sich der in den 60er Jahren in den oberen Bereichen ansetzende Massenzuwachs, der in den 70ern den gesamten Gletscherbereich erfaßte. Eindrucksvoll sind die mittleren jährlichen Schwankungsbeträge von 1 m, die die enorme Dynamik und lokale Differenzierung der beobachteten Prozesse zeigen. Die oben zitierte Karte zeigt, daß während der Vorstoßperiode Verluste nur unterhalb der oberen Steilstufe durch fehlenden Nachschub auftraten, also unabhängig von Massenhaushalt an dieser Stelle.

HÖHENÄNDERUNG GOLDBERGGLETSCHER

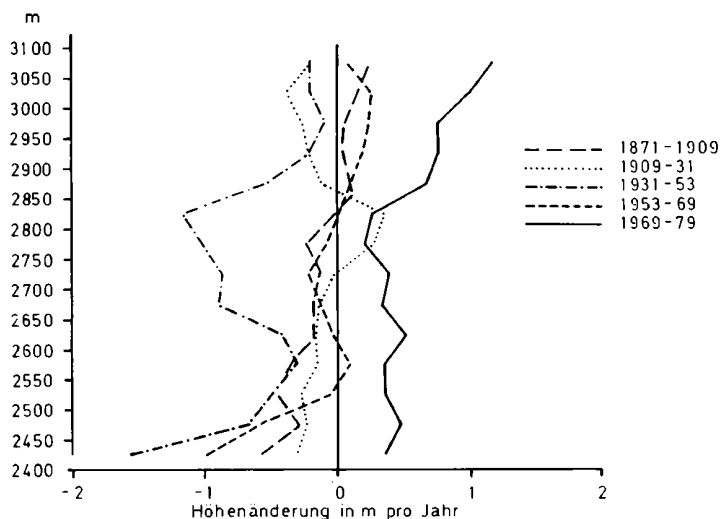


Abb. 10: Goldberggletscher - Höhenänderung der Gletscheroberfläche in Abhängigkeit von der Seehöhe zwischen den vorhandenen kartographischen Terminen

3.2.4.2. Höhenänderung des Kl.Fleißkeeses

Tabelle 15

HÖHENÄNDERUNG NACH HÖHENZONEN
Kl. Fleißkees Einheit: m

m	1930		1953		1969		1979
	abs	jährl	abs	jährl	abs	jährl	jährl
>3050	-12.7	-0.55	5.7	0.35	7.5	0.75	
3000 - 3050	-9.3	-0.40	7.0	0.44	8.3	0.83	
2950 - 3000	-9.0	-0.39	3.6	0.22	7.8	0.78	
2900 - 2950	-17.4	-0.76	3.9	0.24	7.2	0.72	
2850 - 2900	-15.7	-0.68	2.5	0.15	4.4	0.44	
2800 - 2850	-22.3	-0.97	1.2	0.07	5.3	0.53	
2750 - 2800	-24.8	-1.08	-1.3	-0.08	5.7	0.57	
2700 - 2750	-25.7	-1.12	-6.8	-0.42	10.2	1.02	
2650 - 2700	-22.9	-1.00	-7.9	-0.49	1.3	0.13	
2600 - 2650	-31.3	-1.36	-13.5	-0.84	-1.0	-0.10	
2550 - 2600	-38.7	-1.68	-11.8	-0.74	-5.3	-0.53	
Gesamt	-21.6	-0.94	-0.9	-0.06	4.5	0.45	

Parallel zum Goldberggletscher sind die Daten in Tab. 15 und Abb. 11 enthalten. Abweichend vom sonstigen Trend zeigte die letzte Dekade starken Zuwachs, allerdings bei unverändert starken Verlusten im Zungenbereich. Wie schon oben erwähnt, gilt auch hier, daß die heißen Sommer 1982 und 1983 den Gewinn der vorherigen Zuwachsperiode bereits zu einem beträchtlichen Teil wieder aufgebraucht haben dürften.

HÖHENÄNDERUNG KL. FLEISSKEES

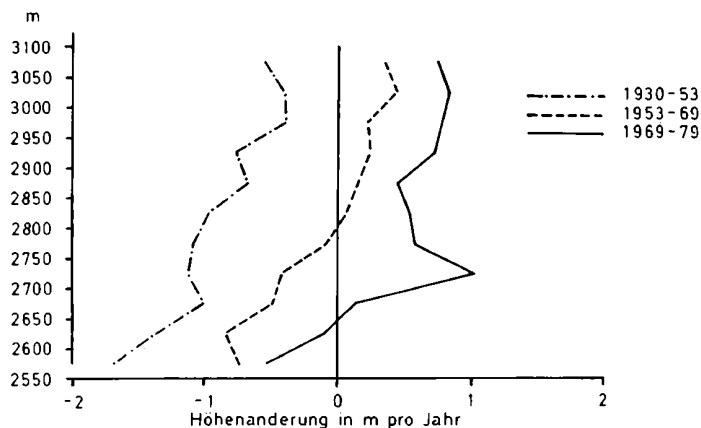


Abb. 11: Kleines Fleißkees - Höhenänderung der Gletscheroberfläche in Abhängigkeit von der Seehöhe zwischen den vorhandenen kartographischen Terminen

3.2.5. Volumensänderungen

Wichtigstes Ergebnis der vorliegenden Arbeit ist sicherlich die Auswertung des kartographischen Materials hinsichtlich der Volumsdifferenzen der dokumentierten Zeitpunkte. Sowohl Glaziologie (hinsichtlich der Beurteilung des Massenhaushaltes) als auch Hydrologie (Rücklage bzw. Spende) sind unmittelbar interessiert, während die Klimatologie im Gletscherverhalten einen wertvollen Indikator für komplexe Wirkungen von Klimamerkmale sieht.

Die räumliche Verteilung der Eismassen zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten geht aus den Karten der Eisdicke im Anhang hervor. Im zeitlichen Ablauf zeigt sich klar die

Verschiebung der Volumsschwerpunkte bzw. das räumlich differenzierte Einsinken der Gletscheroberfläche.

Die zusammenfassende Tab. 20 zeigt, daß sich die Gletschervolumina seit der ersten kartographischen Aufnahme bis 1969 auf ein Fünftel, seit 1939 auf ca. ein Drittel verringerten, was wesentlich stärkere Verluste bedeutet, als die Längen- und Flächenänderungen anzeigen. Gerade auch die relativ starken Zuwächse der 70er Jahre lassen erkennen, daß schon geringfügige Schwankungen in Ausprägung und Konstellation der vielfältigen Einflußgrößen Volumsänderungen in der Dimension des Gesamtvolumens verursachen. Daraus ist offensichtlich, daß sich diese Gletscher auch im heutigen Schwankungsbereich der Klimaelemente am Rande ihrer Existenz bewegen und in einer marginalen Zone der Vergletscherung der Ostalpen liegen.

Die Berechnung der Volumsänderung wurde nach der Methode FINSTERWALDER (15), sowie LANG-PATZELT (35) durchgeführt. Die dazu erforderlichen Messungen von Teilflächen wurden analog zu der in 3.2.3. beschriebenen Vorgangsweise vollzogen. Entsprechend den Höhendifferenzen dürfen auch hier natürlich die höhenzonalen Volumsdifferenzen auf Grund der Überlagerung der Gletscherbewegung nicht den haushaltlichen Bilanzgrößen gleichgesetzt werden.

3.2.5.1. Volumsänderung Goldberggletscher

Auf Grund der Übertiefung in Verflachungszonen treten die Zonen der Flächenmaxima noch verstärkt auch als Volumsmaxima hervor (Tab. 16 und 17, Abb. 12 und 13). Die weitaus stärksten Verluste liegen zwischen 1931 und 1953, während beachtliche Gewinne in allen Höhenzonen die 70er Jahre kennzeichnen. Das tiefere Maximum zwischen 2400 und 2500 m verlor aus volumetrischer Sicht weitgehend seine Bedeutung (siehe die Eisdickenkarten im Anhang), während sich der Bereich zwischen 2600 und 2700 m schon seit den 50er Jahren stabilisiert hat und nunmehr das alleinige Nährgebiet für die tieferen Zonen bildet. Der oberste Abschnitt (oberhalb 2800m) bildet nunmehr einen glaziologisch getrennten und eigenständigen Eiskörper, der wohl am besten als geringmächtige Hangvergletscherung bezeichnet wird.

Tabelle 16

VOLUMEN NACH HÖHENZONEN Goldberggletscher Einheit: 10³m³

m	1871		1909		1931		1953		1969		1979	
	abs	%	abs	%	abs	%	abs	%	abs	%	abs	%
>3050	20	0.0	140	0.2	50	0.1	38	0.2	38	0.2	184	0.7
3000 - 3050	475	0.5	850	1.3	350	0.6	302	1.3	375	2.1	1022	4.1
2950 - 3000	1125	1.2	1400	2.1	675	1.2	696	3.1	1025	5.8	1974	7.9
2900 - 2950	1725	1.8	1975	3.0	1150	2.0	686	3.1	1019	5.8	1833	7.3
2850 - 2900	1750	1.8	1975	3.0	1600	2.7	475	2.1	602	3.4	1099	4.4
2800 - 2850	1825	1.9	1825	2.8	2250	3.9	269	1.2	278	1.6	433	1.7
2750 - 2800	4075	4.2	2850	4.3	3400	5.8	454	2.0	360	2.0	513	2.0
2700 - 2750	15000	15.4	11950	18.2	11500	19.7	2268	10.1	1554	8.8	2319	9.3
2650 - 2700	16650	17.0	14125	21.5	13025	22.3	7728	34.4	6521	36.8	7723	30.8
2600 - 2650	6275	6.4	4900	7.4	4250	7.3	2006	9.0	1976	11.2	2563	10.2
2550 - 2600	3850	3.9	1675	2.5	1400	2.4	400	1.8	501	2.8	743	3.0
2500 - 2550	5875	6.0	2975	4.5	2200	3.8	725	3.2	647	3.7	895	3.6
2450 - 2500	9800	10.0	7125	10.8	5850	10.0	2117	9.4	1126	6.4	1736	6.3
2400 - 2450	10225	10.5	7600	11.6	6850	11.7	2885	12.9	1247	7.0	1575	6.3
2350 - 2400	7150	7.3	3375	5.1	3125	5.4	1286	5.7	444	2.5	437	1.7
2300 - 2350	6475	6.6	900	1.4	725	1.2	75	0.3				
2250 - 2300	4375	4.5	75	0.1								
2200 - 2250	1025	1.0										
<2200	1	0.0										
Gesamt	97695		65715		58400		22410		17713		25049	
Wasser	87926		59144		52572		20169		15942		22544	

Tabelle 17 **VOLUMSÄNDERUNG NACH HÖHENZONEN**
Goldberggletscher Einheit: 10^3m^3

m	1871		1909		1931		1953		1969		1979	
	abs	jährl	abs	jährl	abs	jährl	abs	jährl	abs	jährl	abs	jährl
> 3050	120	3	-90	-4	-12	-1	0	0	146	15		
3000 - 3050	375	10	-500	-23	-48	-2	73	5	647	65		
2950 - 3000	275	7	-725	-33	21	1	329	21	949	95		
2900 - 2950	250	7	-825	-38	-464	-21	333	21	814	81		
2850 - 2900	225	6	-375	-17	-1125	-51	127	8	497	50		
2800 - 2850	0	0	425	19	-1981	-90	9	1	155	16		
2750 - 2800	-1225	-32	550	25	-2946	-134	-94	-6	153	15		
2700 - 2750	-3050	-80	-450	-20	-9232	-420	-714	-45	765	77		
2650 - 2700	-2515	-66	-1100	-50	-5297	-241	-1207	-75	1202	120		
2600 - 2650	-1375	-36	-650	-30	-2244	-102	-30	-2	587	59		
2550 - 2600	-2175	-57	-275	-13	-1000	-45	101	6	242	24		
2500 - 2550	-2900	-76	-775	-35	-1475	-67	-78	-5	248	25		
2450 - 2500	-2675	-70	-1275	-58	-3733	-170	-991	-62	610	61		
2400 - 2450	-2625	-69	-750	-34	-3965	-180	-1638	-102	328	33		
2350 - 2400	-3775	-99	-250	-11	-1839	-84	-842	-35	-7	-1		
2300 - 2350	-5576	-147	-175	-8	-650	-30	-75	-5				
2250 - 2300	-4300	-113	-75	-3								
2200 - 2250	-1025	-27										
< 2200	-1	0										
Gesamt	-31971	-841	-7315	-333	-35990	-1636	-4697	-294	7336	734		
Wasser	-28773	-664	-6584	-258	-32391	-1472	-4227	-264	6602	660		

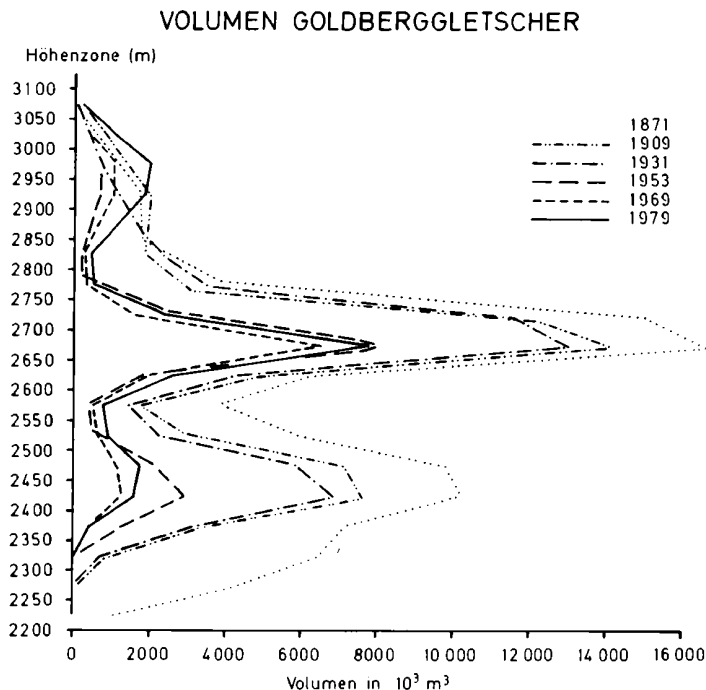


Abb. 12: Goldberggletscher - Volumen in Abhängigkeit von der Seehöhe von 1871 - 1979

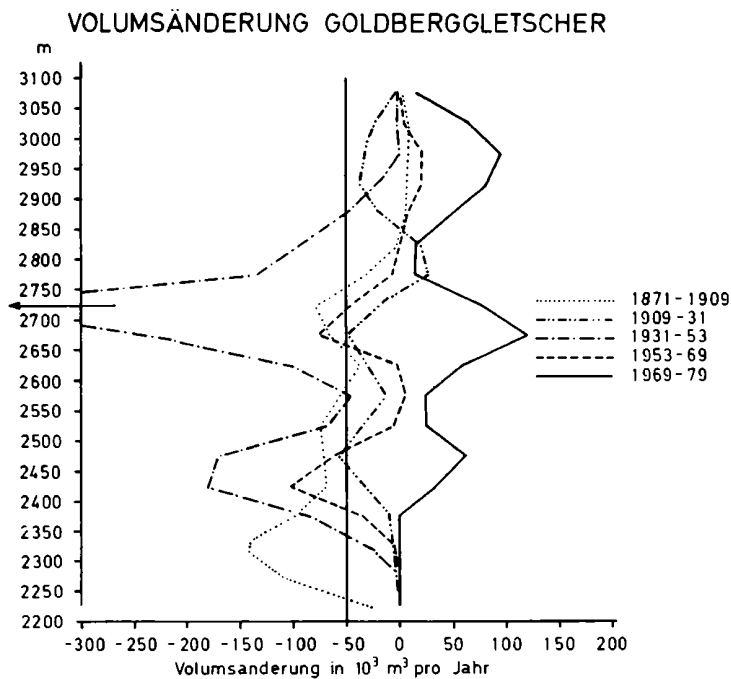


Abb. 13: Goldberggletscher - Volumensänderung in Abhängigkeit von der Seehöhe von 1871 - 1979

3.2.5.2. Volumensänderung Kl.Fleißkees

Das Kl.Fleißkees (Tab. 18 und 19, Abb. 14 und 15) verzeichnet auch hinsichtlich des Volumens eine weitgehend zum Goldberggletscher analoge Entwicklung wobei allerdings eine lokal starke Differenzierung auftritt, was bei der Betrachtung der Eisdickenkarten klar

Tabelle 18

VOLUMEN NACH HÖHENZONEN Kl. Fleißkees Einheit: 10^3 m^3

m	1931		1953		1969		1979	
	abs	%	abs	%	abs	%	abs	%
>3050	50	0.1	5	0.0	19	0.1	47	0.2
3000 - 3050	300	0.7	14	0.1	231	1.6	665	3.3
2950 - 3000	1625	3.5	462	3.0	884	6.1	1857	9.3
2900 - 2950	4125	9.0	1131	7.3	1694	11.8	2799	14.1
2850 - 2900	8350	18.2	2092	13.5	3059	21.3	4348	21.9
2800 - 2850	9425	20.6	3986	25.7	4641	32.2	5685	28.6
2750 - 2800	475	9.8	2333	15.1	1991	13.8	2713	13.6
2700 - 2750	1425	3.1	400	2.6	234	1.6	485	2.4
2650 - 2700	2925	6.4	746	4.8	330	2.3	402	2.0
2600 - 2650	6075	13.3	1715	11.1	531	3.7	498	2.5
2550 - 2600	5475	11.9	2491	16.1	775	5.4	384	1.9
2500 - 2550	1575	3.4	118	0.8	2	0.0	2	0.0
Gesamt	45825		15493		14391		19885	
Wasser	41243		13944		12952		17897	

ersichtlich wird. Die Stabilität der Maximalzone in den letzten 30 Jahren ist in demselben Maß gegeben, Verlusten von 1953 bis 1969 stehen starke Gewinne in der folgenden Dekade

Tabelle 19

VOLUMSÄNDERUNG NACH HÖHENZONEN
KL. FLEISSKEES Einheit: 10³m³

m	1930		1953		1969		1979	
	abs	jährl	abs	jährl	abs	jährl	abs	jährl
>3050	-0.45	-2	14	1	28	3		
3000 - 3050	-286	-12	217	14	434	43		
2950 - 3000	-1163	-51	422	26	973	97		
2900 - 2950	-2994	-130	563	35	1105	111		
2850 - 2900	-6258	-272	967	60	289	29		
2800 - 2850	-5439	-236	655	41	1044	104		
2750 - 2800	-2142	-93	-342	-21	722	72		
2700 - 2750	-1025	-45	-166	-10	251	25		
2650 - 2700	-2179	-95	-416	-26	72	7		
2600 - 2650	-4360	-190	-1184	-74	-33	-3		
2550 - 2600	-2984	-130	-1716	-107	-391	-39		
2500 - 2550	-1457	-63	-116	-7				
Gesamt	-30332	-1319	-1102	-69	5495	550		
Wasser	-27299	-1187	-992	-62	4946	496		

gegenüber, während in den Zungenbereichen die stetige Volumsabnahme noch nicht aufgehört hat. Ebenso wie bei den anderen Gletschern dieses Gebiets führte die nahezu stetige Abnahme seit dem letzten Hochstand zu einer noch stärkeren Unterordnung der Vereisung unter das Relief, sodaß Zuwächse nur an topographisch begünstigten Stellen stattfinden und stärker strahlungsexponierte Zonen ungeachtet eines evtl. gletschergünstigeren Witterungsverlaufes kontinuierlich zurückschmelzen.

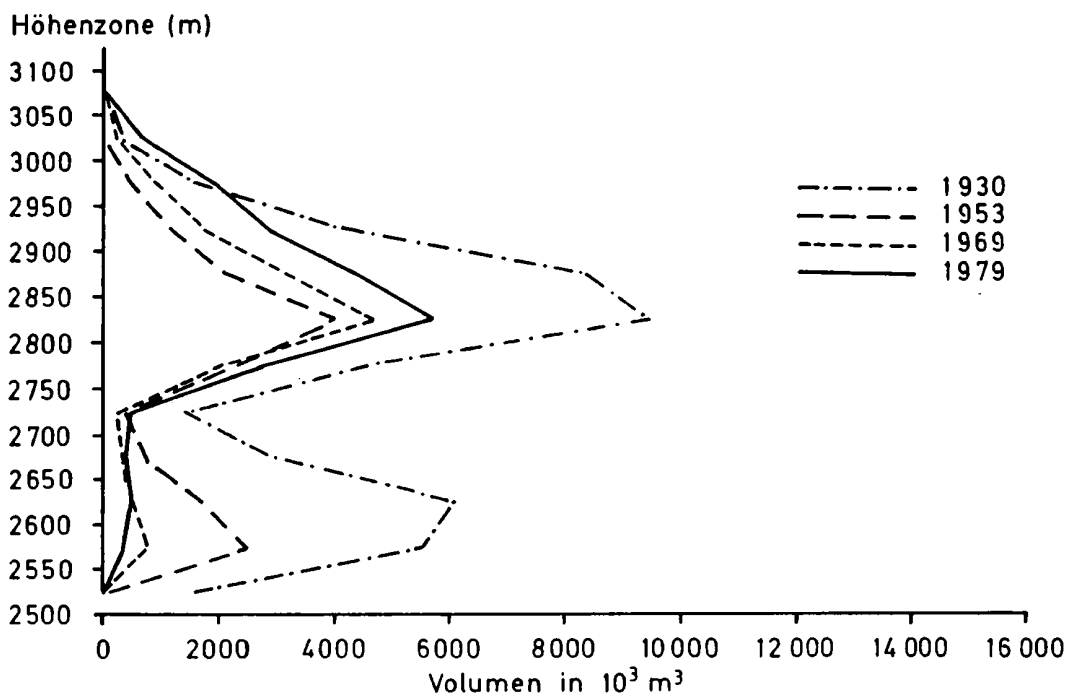
VOLUMEN KL. FLEISSKEES


Abb. 14: Kleines Fleißkees - Volumen in Abhängigkeit von der Seehöhe von 1930 - 1979

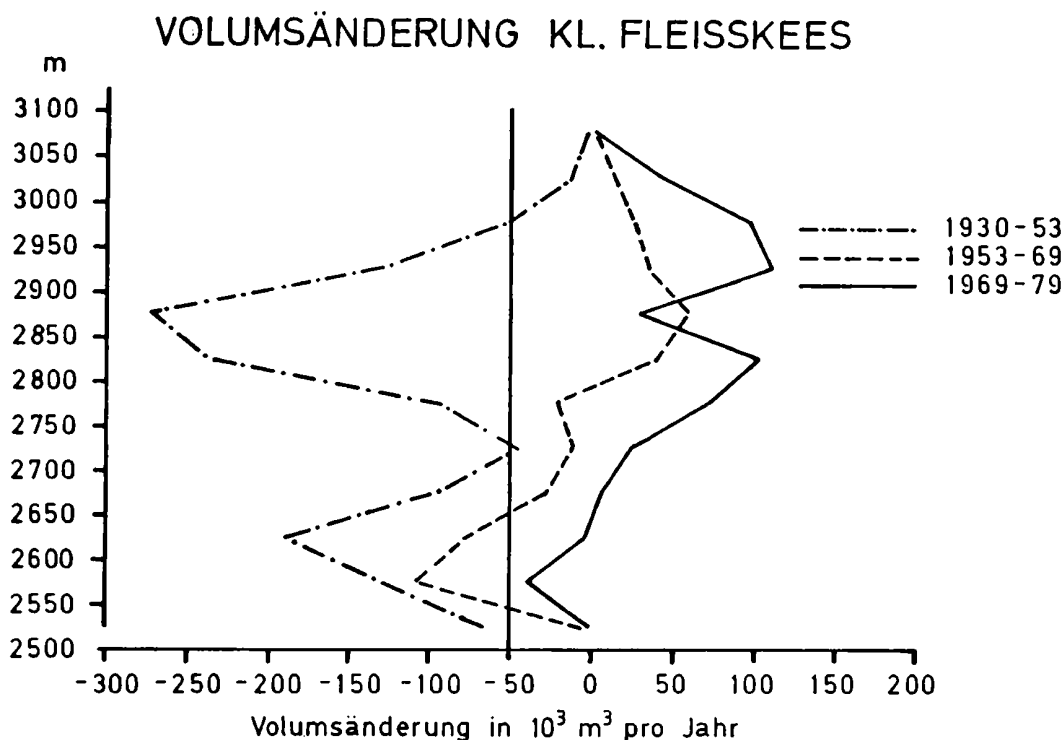


Abb. 15: Kleines Fleißkees - Volumsänderung in Abhängigkeit von der Seehöhe von 1930 - 1979

Abschließend stellen die Tabelle 20 und die Abbildung 16 einen Überblick über die kartometrischen Ergebnisse der drei in den beiden Gletschermonographien untersuchten vorgestellten Gletscher dar. Klar tritt dabei das unterschiedliche Verhalten von Goldbergletscher und Kl.Fleißkees einerseits und dem Wurtenkees andererseits zu Tage, das genauer in (9) und (10) besprochen wurde. Zeigen die beiden erstgenannten Gletscher, analog zu der Mehrzahl der österreichischen Gletscher, nach der langen Rückzugsphase bis zum Termin 1969, von 1969-1979 eine markante Erholung ihres Massenhaushaltes, der sich in einem Volumszuwachs von 41% bzw. 38% manifestiert, so verfällt das Wurtenkees, das anfänglich mit 188 Millionen m^3 (1871) der volumsgrößte der drei Gletscher war, zwischen 1967 und 1979 weiter unvermindert von 32 auf nun nur noch 17 Millionen m^3 . Auf Gründe dieses beachtlichen Differierens des Verhaltens von drei Gletschern auf kleinstem Raum wird hier nicht näher eingegangen. Qualitative Abschätzungen finden sich in (9), (10), (65) und (66), erste quantitative Hinweise auf die Sonderstellung des Wurtenkeeses, mit einer wichtigen Rolle, die die Windverfrachtung im exponierten Firngebiet dieses Gletschers spielen dürfte, erbrachten die Massenhaushaltsuntersuchungen auf dem Wurtenkees, die seit 1982, getrennt nach Winter- und Sommerbilanz, dort durchgeführt werden. (Vergl. (3), (11)).

Tabelle 20

GESAMTÜBERSICHT
über Länge, Fläche, mittlere Eisdicke und Volumen des
Wurtenkees, des Goldbergkeeses und des Kl. Fleißkeeses
von 1871 bis 1979

	1871	1909	1930/31	1953	1967/69	1979
Länge in m						
Wurtenkees	3780	3670	3570	3150	2690	2000
	141%	136%	133%	117%	100%	74%
Goldberggletscher	3740	3240	3170	2890	2850	2870
	131%	114%	111%	101%	100%	101%
Kl.Fleißkees	2140		2250	2020	1820	1770
	118%		124%	111%	100%	97%
Fläche in 10 ³ m ²						
Wurtenkees	3491		3012		2334	2046
	150%		129%		100%	88%
Goldberggletscher	2841	2453	2328	1838	1813	1894
	157%	135%	128%	101%	100%	104%
Kl.Fleißkees			1565	1245	1226	1234
			128%	102%	100%	101%
Mittlere Eisdicke in m						
Wurtenkees	54.1		48.3		13.6	8.4
	398%		355%		100%	62%
Goldberggletscher	34.4	26.8	25.1	12.2	9.8	13.2
	351%	273%	256%	124%	100%	135%
Kl.Fleißkees			29.3	12.4	11.7	16.1
			250%	106%	100%	138%
Volumen in 10 ³ m ³						
Wurtenkees	188730		145350		31780	17190
	594%		457%		100%	54%
Goldberggletscher	97695	65715	58400	22410	17713	25049
	552%	371%	330%	127%	100%	141%
Kl.Fleißkees			45825	25493	14391	19885
			318%	108%	100%	138%

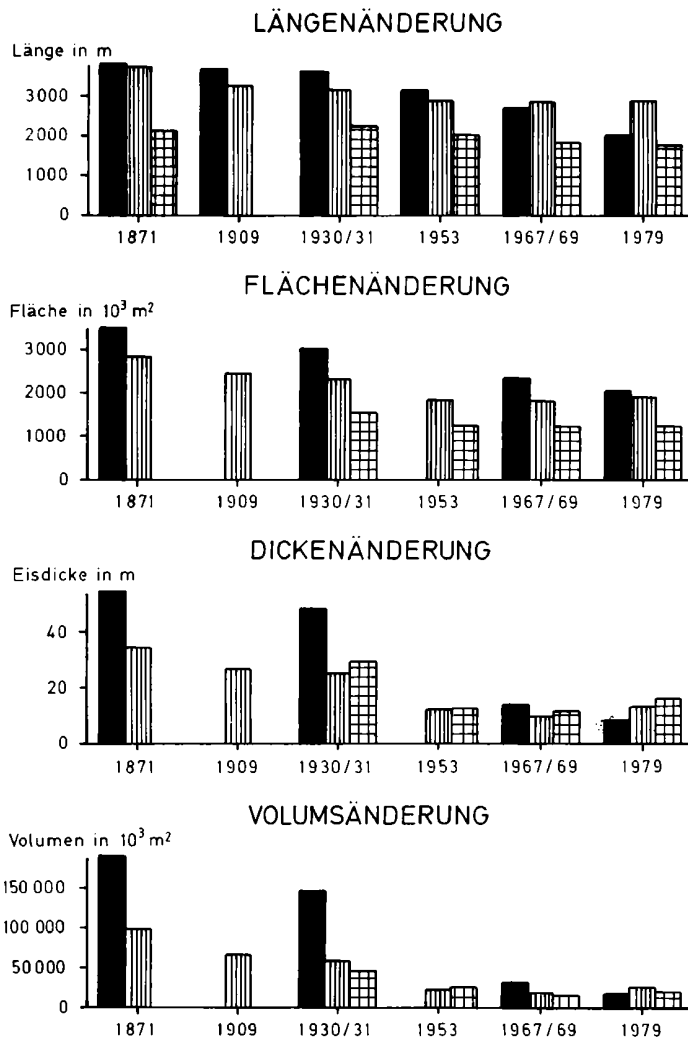


Abb. 16: Änderung der kartometrischen Parameter der drei Hauptgletscher der zentralen Goldberggruppe seit 1871 - ein Überblick.
schwarz... Wurtenkees, liniert... Goldberggletscher, kariert... Kleines Fleißkees

Literatur

- (1) ANGERER, H.: Gletscherbeobachtungen im Goldberggebiete im Sommer 1917. Zeitschrift für Gletscherkunde 11, 198-200, 1920
- (2) ARNBERGER, E.: Mit Meßgeraet und Filmkamera auf dem Sonnblick. 100 Jahre Rückgang des Goldberggletschers. Edelweiss Nachrichten 4. Jg., Folge 11, 81-84. Wien, 1950
- (3) BÖHM, R.: Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1982/83. Wetter und Leben 35, Heft 4, 208-229, Wien, 1984
- (4) BÖHM, R.: Monographie der Gletscher der Goldberggruppe in den Hohen Tauern. Teil 1: Das Wurtenkees, Entwicklung des Gletschers seit 1850. 79.-81. Jahresber. d. Sonnblickvereins f.d.J. 1981-1983, 3-60. Wien, 1984
- (5) BÖHM, R.: Fotoarchiv Sonnblickgletscher, Teil 1 (Positive). Unikat (Sonnblick-Verein). Wien.
- (6) BÖHM, R.: Fotoarchiv Sonnblickgletscher, Teil 2 (Negative). Unikat (Sonnblick-Verein). Wien.
- (7) BÖHM, R.: Fotoarchiv Sonnblickgletscher, Teil 3 (Diapositive). Unikat (Sonnblick-Verein). Wien.
- (8) BÖHM, R. und N. HAMMER: Ergebnisse der ersten Messperiode des Gletschermassenhaushalts-Untersuchungsprojektes Wurtenkees im hydrologischen Winter 1981/82. Interner Zwischenbericht an die Oesterr. Akad.d.Wiss. Wien, 1982
- (9) BÖHM, R., H. HAITZMANN, N. HAMMER und J. STROBL: Die Kartographie im Dienste der Gletscherforschung am Beispiel der Goldberggruppe in den Hohen Tauern. Kartographie der Gegenwart in Oesterreich (Hrsg. E. ARNBERGER), 236-261. Wien, 1984
- (10) BÖHM, R., N. HAMMER und J. STROBL: Analyse der Veränderungen von drei benachbarten alpinen Gletschern seit 1930, Mitt.d.Oesterr.Geogr.Ges. 125, 116-151, Wien, 1983
- (11) BÖHM, R., N. HAMMER und J. STROBL: Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1983/84. Wetter und Leben 37, 37-51 u. 88-96. Wien, 1985
- (12) BRÜCKL, E. und O. BITTMANN: Die Ergebnisse der seismischen Gletschermessungen im Bereich der Goldberggruppe (Hohe Tauern) in den Jahren 1971 und 1972. Arbeiten aus der ZAMuG, Heft 25, 30 Seiten. Wien, 1977
- (13) ENDER, T.: Der Hohe Goldberg in Rauris. SW-Druck nach Aquarell aus dem Jahre 1829. 58.-59. Jahresber.d. Sonnblickvereins f.d.J. 1960-1961, Beilage. Wien, 1963
- (14) EXNER, Ch.: Erläuterungen zur geologischen Karte der Sonnblickgruppe 1:50000. Geologische Bundesanstalt. Wien, 1964
- (15) FINSTERWALDER, R.: Die zahlenmaessige Erfassung des Gletscherrueckganges an Ostalpengletschern. Zeitschrift fuer Gletscherkunde und Glazialgeologie 2, 189-239, 1953
- (16) FINSTERWALDER, R. und H. RENTSCH: Die Erfassung der Hoehenaenderung von Ostalpengletschern in den Zeitraeumen 1950-1959-1969. Zeitschrift fuer Gletscherkunde und Glazialgeologie 12, 29-35, 1976
- (17) FINSTERWALDER, R. und H. RENTSCH: Zur Hoehenaenderung von Ostalpengletschern im Zeitraum 1969-1979. Zeitschrift fuer Gletscherkunde und Glazialgeologie 16, 111-115, 1980
- (18) FINSTERWALDER, S. u.a.: Aufruf. Mitt.d.DOEAU, Nr. 8, 106-107, 1891
- (19) FREYTAG, G.: Karte des Sonnblicks und Umgebung. Meteorologischer Zeitschrift, 1892
- (20) GÖTZINGER, H.: Nachmessungen an den Gletschern der Goldberg-Gruppe in den Hohen Tauern im Jahre 1905. Zeitschrift fuer Gletscherkunde 1, 305-312, 1907
- (21) HACKER, W.: Vorlaeufiger Bericht ueber die Gletscher- und Seenuntersuchungen in der Goldberggruppe im Sommer 1930. 39. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1930, 25-27. Wien, 1931
- (22) HAMMER, N.: Bericht ueber den Zustand der Gletscher im Sonnblickgebiet im Gletscherhaushaltsjahr 1978/79. 76.-78. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1978-1980, 39-41. Wien, 1981
- (23) HAMMER, N.: Bericht ueber den Zustand der Gletscher im Sonnblickgebiet in den Gletscherhaushaltsjahren 1979/80 bis 1982/83. 79.-81. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1981-1983. Wien, 1984
- (24) HANN, J.: Zur Meteorologie des Sonnblicks. 26. und 27. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1917 und 1918. Wien, 1919
- (25) HEISSEL, W. und H. HANKE: Ostalpengletscher 1932 - Sonnblickgruppe. Zeitschrift fuer Gletscherkunde 21, 179-180, 1934.
- (26) HÜBL, A.: Die stereophotogrammetrische Aufnahme des Goldberggletschers im August des Jahres 1909. (Als Grundlage einer Erforschung des Einflusses der klimatischen Verhaeltnisse auf die Veraenderung des Goldberggletschers). Denkschrift d.kaiserl.Akad.d.Wiss., Math.-naturwiss.Klasse, Band 87, 153-160. Wien, 1912.
- (27) KELAG: Strom. Stromversorgung in Kaernten, 60 Seiten, Klagenfurt, 1984

- (28) KINZL, H.: Gletschermarkenrevision in den Hohen Tauern im Sommer 1925. Zeitschrift fuer Gletscherkunde 14, 292-293, 1926
- (29) KINZL, H.: Gletschermarkenrevision in den Hohen Tauern 1926. Zeitschrift fuer Gletscherkunde 15, 293-297, 1927
- (30) KINZL, H.: Gletschermarkenrevision in der Sonnblick-Gruppe 1927. Zeitschrift fuer Gletscherkunde 16, 139-140, 1928
- (31) KINZL, H.: Die Gletscher der Sonnblickgruppe in den Jahren 1896 bis 1928. 37. Jahresber.d. Sonnblickvereins f.d.J. 1928, 12-18. Wien, 1929
- (32) KINZL, H.: Gletschermarkenrevision in der Sonnblick-Gruppe 1928. Zeitschrift fuer Gletscherkunde 17, 199, 1929
- (33) KINZL, H.: Gletschermarkenrevision in der Sonnblick-Gruppe 1930. Zeitschrift fuer Gletscherkunde 19, 147-148, 1931
- (34) KRAUSGRUBER, I.: Massenhaushaltsuntersuchungen an Gletschern mit praktischer Anwendung der geodaetischen Methode an zwei Hauptgletschern der Goldberggruppe. Diplomarbeit. Wien: Geographisches Institut der Universitaet, 1985
- (35) LANG, H. und G. PATZELT: Die Volumenaenderung des Hintereisferners im Vergleich zur Massenaenderung im Zeitraum 1953-1964. Zeitschrift fuer Gletscherkunde und Glazialgeologie, Band 6, Heft 1-2, 1971
- (36) LAUSCHER, A. und F. LAUSCHER: Der Aufbau und Abbau der Schneedecke auf dem Sonnblick im Wechselspiel der Wetterlagen. 68.-69. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1970-1971, 3-30. Wien, 1973
- (37) LICHTENECKER, N.: Neue Gletscherstudien in der Sonnblickgruppe. 44. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1935, 13-37. Wien 1936
- (38) LICHTENECKER, N.: Messungen am Goldbergkees (Sonnblickgruppe) in den Sommern 1936 und 1937. 46. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1937, 16-22. Wien, 1938
- (39) MACHACEK, F.: Gletschermarken im Goldberggebiete. Mitt.d.DOEAV, Nr. 17, 17-18, 1800
- (40) MACHACEK, F.: Zur Klimatologie der Gletscherregion der Sonnblickgruppe. 8. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1899, 3-34. Wien, 1900
- (41) MACHACEK, F.: Gletschermarken in der Goldberggruppe. Mitt.d.DOEAV, Nr. 2, 23, 1801
- (42) MACHACEK, F.: Gletscherbeobachtungen in der Sonnblick-Gruppe. Mitt.d.DOEAV, Nr. 23, 23, 1902
- (43) PATERSON, W.S.B.: The Physics of Glaciers. Ottawa: Pergamon, 1981
- (44) PATZELT, G.: The Austrian Glacier Inventory: status and first results. World Glacier Inventory. IAHS-AISH Publ.No. 126 (Proceedings of the Riederalp Workshop, Sept. 1978), 1980
- (45) PATZELT, G. und G. GROSS: Oesterreichischer Gletscherkataster. Unveroeffentlicht, persoenl. Mitt.
- (46) PENCK, A.: Gletscherstudien im Sonnblickgebiete. Zeitschrift der DuOEAV 28, 52-71, 1897
- (47) POSEPNY, F.: Die Goldbergbaue der Hohen Tauern mit besonderer Beruecksichtigung des Rauriser Goldberges. Archiv fuer praktische Geologie, Band 1, 1893
- (48) RICHTER, E.: Die Gletscher der Ostalpen. 306p. Stuttgart, 1888
- (49) RICHTER, E.: Die wissenschaftliche Erforschung der Ostalpen. Zeitschrift d. DOEAV 25, 1-94, 1894
- (50) RICHTER, H.: Die Gletscher der Ostalpen, 4. Goldberggruppe. Stuttgart, 1888
- (51) ROLLER, M.: Schneepegelbeobachtungen im Sonnblickgebiet im Zeitraum 1927-1956. 51.-53. Jahresber. d. Sonnblickvereins f.d.J. 1953-1955, 43-45. Wien, 1957
- (52) ROLLER, M.: Totalisatorenbeobachtungen im Sonnblickgebiet im Zeitraum 1927-1959. 54.-57. Jahresber. d. Sonnblickvereins f.d.J. 1956-1959, 58-65. Wien, 1961
- (53) ROLLER, M.: Ergaenzende Veroeffentlichung von Niederschlags- und Schneepegelbeobachtungen im Sonnblickgebiet. 58.-59. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1960-1961, 82-85. Wien, 1963
- (54) ROTT, W.: Analyse des Gletscherverhaltens aus Satelliten- und Luftbildern. Zeitschrift fuer Gletscherkunde und Glazialgeologie 12, Heft 1, 1976
- (55) SAUBERER, F.: Zur Problematik der Gletscherschwankungen. 49.-50. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1951-1952, 37-43. Wien, 1954
- (56) SCHEIBBNER, F. und W. MAHRINGER: Die Albedo der Sonnblickgletscher und ihre zeitlichen Variationen. Archiv f. Met., Geoph. u. Bioklim. Serie B, Bd. 16, 174-197, 1968
- (57) SEEFELDNER, E.: Salzburg und seine Landschaften. Mitt.d.Ges.f.Salzbürger Landeskunde, Ergaenzungsband 2. Salzburg, 1961
- (58) STEINHAUSER, F.: Ergebnisse neuer Beobachtungen ueber die Niederschlagsverhaeltnisse im Sonnblickgebiet. 41. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1932, 18-31. Wien, 1933

- (59) STEINHAUSER, F.: Schneehöhenmessungen am Sonnblick und im Sonnblickgebiet. 42. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1933, 43-50. Wien, 1934
- (60) STEINHAUSER, F.: Die Meteorologie des Sonnblicks, 1. Teil. Beiträge zur Hochgebirgsmeteorologie nach Ergebnissen 50jähriger Beobachtungen des Sonnblick-Observatoriums, 3106 m. Wien: Springer-Verlag, 1938
- (61) STEINHAUSER, F.: Der Jahresgang der Niederschlagswahrscheinlichkeit auf dem Sonnblick, 3106 m. 48. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1950, 18-24. Wien, 1952
- (62) STEINHAUSER, F.: Die Schneeverhältnisse im Sonnblickgebiet. 63.-65. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1965-1967, 3-42. Wien, 1968
- (63) STEINHAUSER, P.: Seismische Untersuchungen zur Gletscherforschung in den oesterreichischen Alpen. 63.-65. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1965-1967, 51-72. Wien, 1968
- (64) STELZER, H.: Die Oberflächengestaltung der Sonnblickgruppe. 58.-59. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1960-1961, 73-74. Wien, 1963
- (65) STROBL, J.: Erfassung der Einstrahlung mit Gelaendemodellen. Zur Berechnung der Verteilung topographisch gesteuerter Haushaltsgroessen mittels digitaler Gelaendemodelle am Beispiel der Goldberggruppe. Unveroeffentl. Diss. Wien: Geogr. Inst.d.Universitaet, 1983
- (66) STROBL, J.: Die Ermittlung flächenhafter Besonnungs- und Einstrahlungsverhältnisse mittels digitaler Gelaendemodelle. Wetter und Leben 36, 121-129, 1984
- (67) TOLLNER, H.: Vermessungen am Goldberggletscher im September 1938. 47. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1938, 15-16. Wien, 1939
- (68) TOLLNER, H.: Die Sonnblickgletscher in den Jahren 1938-1951. 48. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1950, 6-18. Wien, 1952
- (69) TOLLNER, H.: Niederschlagsverhältnisse im Gebiet des Rauriser Sonnblicks. 49.-50. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1951-1952, 13-18. Wien, 1954
- (70) TOLLNER, H.: Schneeverhältnisse im Gebiet des Rauriser Sonnblicks. 49.-50. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1951-1952, 28-32. Wien, 1954
- (71) TOLLNER, H.: Bericht ueber die Einsstaende der Gletscher der Grossglockner- und Sonnblickgruppe im Fruehherbst 1954, 1955 und 1956. 51.-53. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1953-1955, 33-38. Wien, 1957
- (72) TOLLNER, H.: Das Verhalten der Gletscher des Sonnblick- und Glocknergebietes von 1957-1959. 54.-57. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1956-1959, 19-22. Wien, 1961
- (73) TOLLNER, H.: Ueber den Zustand der Gletscher der Grossglocknergruppe und des Sonnblickgebietes im Spaetsommer 1960 und 1961. 58.-59. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1960-1961, 74-82. Wien, 1963
- (74) TOLLNER, H.: Ueber die Veraenderungen der Gletscher im Grossglockner- und Sonnblickgebiet in den Jahren 1963 und 1964. 60.-62. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1962-1964, 56-63. Wien, 1966
- (75) TOLLNER, H.: Der Zustand von Gletschern des Grossglockner- und Sonnblickgebietes am Ende der Sommer 1965, 1966 und 1967. 63.-65. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1965-1967, 73-83. Wien, 1968
- (76) TOLLNER, H.: Der Zustand von Gletschern der Grossglocknergruppe und im Gebiet des Rauriser Sonnblicks in den Jahren 1968 und 1969. 66.-67. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1968-1969, 44-51. Wien, 1970
- (77) TOLLNER, H.: Das Verhalten der Gletscher in der Grossglockner- und Goldberggruppe in den Jahren 1970, 1971 und 1972. 68.-69. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1970-1971, 54-64. Wien, 1973
- (78) TOLLNER, H.: Das Verhalten von Gletschern im Grossglockner- und Sonnblickgebiet in den Eishausaltjahre 1973/74 und 1974/75 und mehrjaehrige Aenderungen am Gflorene-Wand-Kees in den Zillertaler Alpen. 72.-73. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1974-1975, 33-45. Wien, 1976
- (79) TOLLNER, H.: Der Zustand von Gletschern im Grossglockner- und Sonnblickgebiet im Eishausaltjahr 1975-76. 74.-75. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1976/1977, 30-36. Wien, 1977
- (80) TOLLNER, H.: Der Zustand der Gletscher des Glockner- und Sonnblickgebietes am Ende des Sommers 1978 und des Schmiedingerkeeses am Sommerende 1977. 76.-78. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1978-1980, 31-38. Wien, 1981
- (81) TOLLNER, H.: Aenderung des Verhaltens von Gletschern des Rauriser Sonnblickgebietes und der Glocknergruppe seit dem Jahr 1896. Dargestellt in Großfotos. Unikat (Bibl.d.geogr.Inst.Univ.Salzburg), 1981
- (82) TOLLNER, H.: Bilder von oesterreichischen Hoehenobservatorien und von Untersuchungsgebieten des Sonnblick-Vereines. Unikat (Sonnblick-Verein). Wien.
- (83) TOLLNER, H.: Die Eisstaende einiger Sonnblick- und Glocknergletscher im Spaetsommer 1952 und 1953. 49.-50. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1951-1952, 48-49. Wien, 1954
- (84) TOLLNER, H.: Der Zustand von Gletschern im Grossglockner- und Sonnblickgebiet am Ende des Eishausaltjahres 1972/73. 70.-71. Jahresber.d.Sonnblickvereins f.d.J. 1972-1973, 56-67. Wien, 1974

- (85) WILHELM, F.: Schnee- und Gletscherkunde. Lehrbuch der Allgemeinen Geographie, Teil III/3. Berlin: de Gruyter, 1974
- (86) Luftbilder der Gletscher der Sonnblickgruppe seit 1953. Unikat (Sonnblick-Verein). Wien
- (87) BÖHM, R. und H. MOHNL: Statistische Analysen der Schneehöhen im Gebiet des Hohen Sonnblicks. - Ein Beitrag zu Fragen der Gletscherschwankungen. Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, 23, Heft 1, 1987