

DIE ERFASSUNG DER HÖHENÄNDERUNG VON OSTALPENGLETSCHERN IN DEN ZEITRÄUMEN 1950–1959–1969

Von R. FINSTERWALDER und H. RENTSCH, München

Mit 2 Tabellen und einer Kartenbeilage

ZUSAMMENFASSUNG

Anknüpfend an die Arbeiten Richard Finsterwalders vom Jahre 1950 über die zahlenmäßige Erfassung des Gletscherrückgangs in den Ostalpen wurden zu den Stichjahren 1959 und 1969 acht ausgewählte Ostalpengletscher photogrammetrisch aufgenommen und im Maßstab 1:10.000 kartiert. Aus dem Vergleich der Höhenlinien der Aufnahmen der Jahre 1950, 1959 und 1969 wurden die Höhenänderungen der Gletscheroberflächen für den Zeitraum von rund zwei Jahrzehnten bestimmt. Dabei ergab sich im Durchschnitt eine Aufhöhung der Gletscheroberflächen von + 0,1 m pro Jahr, während in der zurückliegenden Periode von 1920 bis 1950 ein Einsinken von – 0,6 m pro Jahr festzustellen war.

THE DETERMINATION OF HEIGHT CHANGES OF GLACIERS IN THE EASTERN ALPS,
1950 – 1959 – 1969

SUMMARY

In a continuation of Richard Finsterwalder's work of 1950 eight selected glaciers in the Eastern Alps have been photogrammetrically surveyed and mapped on a scale of 1:10.000 in the years 1959 and 1969 in order to establish a record of glacier variation. From a comparison of isohypses of the 1950, 1959 and 1969 surveys the height changes of the glacier surfaces have been determined for approximately two decades. This yielded an average raise of 0,1 m per year, while an average sinking of glacier surfaces of 0,6 m per year had been found for the period 1920–1950.

1. EINLEITUNG

Die Feststellung von Gletscherschwankungen kann allgemein als geometrische Aufgabe betrachtet werden, nämlich als die Fixierung zweier begrenzter Flächen (Gletscheroberflächen) und die Ermittlung von Differenzmaßen derselben. Als solche Maße kommen in Betracht die Lage- und Höhenänderung des Zungenendes, die Flächen- und Volumenänderung oder die mittlere Höhenänderung der gesamten Oberfläche der Gletscher. Noch aufschlußreicher als die mittlere Höhenänderung ist die Höhenänderung der Oberfläche in Abhängigkeit von der Meereshöhe, etwa in Zonen von jeweils hundert Metern. Die Bestimmung von Höhenänderungen setzt eine genaue Einmessung der Gletscheroberfläche etwa in Form von Höhenlinien oder Profilen voraus. Dies ist mit Hilfe der Photogrammetrie heute ohne großen Aufwand möglich.

Das Verfahren wurde von Richard Finsterwalder (1953) in großem Umfang angewandt, um den Gletscherrückgang in den Ostalpen in der Zeit von 1850 bis 1950 zu erfassen und zahlenmäßig auszudrücken. Er hat zu diesem Zweck die seit Ende des vergangenen Jahrhunderts vorliegenden Gesamtaufnahmen einzelner österreichischer Gletscher, meist im Maßstab 1:10.000, herangezogen und sie mit den unter seiner Leitung in den Jahren um 1950 durchgeführten photogrammetrischen Neuaufnahmen und mit Aufnahmen, die im Rahmen der Alpenvereinskartographie um 1940 erfolgt sind, verglichen. Aus dem Vergleich der Schichtlinienpläne ergaben sich mittlere Einsinkbeträge der Gletscheroberflächen von 0,3 m pro Jahr für die

Zeit von 1890—1920 und von 0,6 m pro Jahr für die Zeit von 1920—1950. Weitere Angaben für einzelne der untersuchten Gletscher finden sich in Finsterwalder (1961) (einige der dort mitgeteilten Zahlenwerte bedürfen infolge Neuauswertung einer Korrektur), während die Veränderungen der kleinen, auf deutschem Staatsgebiet liegenden Gletscher ausführlich in Finsterwalder (1951) und Finsterwalder und Rentsch (1973) beschrieben sind.

In der folgenden Abhandlung wird über die Fortsetzung dieser Untersuchungen berichtet, wobei die Gletscherveränderungen in einem Zeitraum von rund zwei Jahrzehnten, nämlich von 1950 bis 1959 und von 1959 bis 1969 erfaßt werden.

2. UNTERSUCHTE GLETSCHER, ZEITPUNKT DER AUFNAHME UND AUFNAHMEVERFAHREN

Von den bei Finsterwalder (1953) aufgeführten Gletschern wurden nur diejenigen weiter untersucht, welche um das Jahr 1950 eine genaue Neuaufnahme erfahren hatten. Sie sind in der folgenden Tabelle 1, nach Gebirgsgruppen geordnet, aufgeführt.

Da die Auswahl der untersuchten Gletscher allein von der Tatsache bestimmt war, daß genaue Aufnahmen aus früheren Jahren vorlagen, konnte nicht darauf geachtet werden, daß diese Gletscher auch im Sinne der Statistik repräsentativ für alle Ostalpengletscher sind. Es handelt sich bei den acht Gletschern um große bis mittelgroße Gletscher, während kleine Gletscher nicht vertreten sind. Auch die lagemäßige Verteilung berücksichtigt bei weitem nicht den ganzen Ostalpenbereich, da der östliche und südliche Teil nicht repräsentiert sind. Betrachtet man die Exposition der Gletscher (siehe Kartenbeilage), so ist festzustellen, daß alle eine nord- bis ostseitige Lage haben.

Zum Zeitpunkt der Aufnahme ist zu bemerken, daß die angestrebten einheitlichen Stichjahre 1950, 1959, 1969 nicht immer eingehalten werden konnten. Die Abweichungen von maximal drei Jahren sind witterungsmäßig und personell bedingt, da die terrestrische Aufnahme der acht Gletscher durch einen recht kleinen Mitarbeiterstab des Instituts für Photogrammetrie und Kartographie der Technischen Universität München und der Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften erfolgen mußte.

Die Aufnahmen um die Jahre 1950 und 1959 wurden durchwegs nach dem Verfahren der terrestrischen Photogrammetrie unter Verwendung der leichten Feldausrüstung TAF von Zeiss durchgeführt. Für das Jahr 1969 standen die Bilder der Gesamtbefliegung der österreichischen Gletscher zur Verfügung, wodurch sich ein weitgehend einheitlicher Aufnahmezeitpunkt ergab (Finsterwalder, 1972). Lediglich der Gepatschferner wurde wegen der teilweise schlechten Bildqualität des Gletscherfluges 1969 (Neuschneedecke) nach Luftbildern der Befliegung Tirols vom Jahre 1971 bearbeitet.

3. GENAUIGKEIT UND VOLLSTÄNDIGKEIT DER AUSWERTUNGEN

Die Bestimmung der Höhenänderung der Gletscheroberfläche erfolgt durch den Vergleich zweier, zu verschiedenen Zeiten durchgeführten Aufnahmen. Aus der Lagedifferenz zweier sich entsprechender Höhenlinien läßt sich nach den bei Finsterwalder (1953) angegebenen Formeln die Höhendifferenz zwischen alter und neuer Gletscheroberfläche berechnen. Dieser Vergleich der beiden photogrammetrischen Auswertungen setzt allerdings voraus, daß sie auf demselben geodätischen Bezugssystem basieren. Besondere Bedeutung kommt dabei dem Höhenniveau zu, da eine

Tabelle 1: Untersuchte Gletscher

Gebirgsgruppe Gletscher	Zillertaler Alpen									Schlegeiskees		
	Schwarzensteinkees			Hornkees			Waxeggkees					
Aufnahmejahr	1950	1960	1969	1950	1960	1969	1950	1960	1969	1950	1959	1969
höchster Punkt [m]	3360	3360	3360	3210	3210	3210	3340	3340	3340	3509	3509	3509
tiefster Punkt [m]	2150	2154	2297	2030	2081	2112	2236	2325	2300	2380	2457	2333
Fläche [km ²]	—	—	4,69	—	—	3,92	—	—	3,87	—	—	5,39

Gebirgsgruppe Gletscher	Stubaier Alpen						Ötztaler Alpen					
	Grünauferner			Sulzenauferner mit Fernerstube			Hintereisferner			Gepatschferner		
Aufnahmejahr	1950	1959	1969	1950	1959	1969	1953	1959	1969	1953	1958	1971
höchster Punkt [m]	3418	3418	3418	3507	3507	3507	3710	3710	3710	3521	—	3517
tiefster Punkt [m]	2260	2350	2384	2296	2330	2433	2370	2380	2383	2021	2033	2063
Fläche [km ²]	—	—	1,84	—	—	4,66	—	—	9,60	—	—	17,78

Niveaudifferenz zwischen den Auswertungen voll als Höhenfehler eingehen würde. Zur Erfüllung der Forderung nach gleichen Bezugssystemen wurden die bisher für die Gletscheraufnahmen benutzten verschiedenen Netze alle in das österreichische Landessystem transformiert. Die durchgeführten Netzberechnungen und die vollständigen Koordinatenverzeichnisse sind in Diplomarbeiten des Instituts für Photogrammetrie und Kartographie der TU München niedergelegt. Am gleichen Institut erfolgten auch die photogrammetrischen Auswertungen im Maßstab 1:10.000. Für den Hintereisferner konnte auf eine Auswertung des Gletscherfluges 1969, ausgeführt von der österreichischen Elektrizitätswirtschaft AG — Verbundgesellschaft, zurückgegriffen werden.

Die Genauigkeit der photogrammetrischen Kartierungen ist von verschiedenen Faktoren abhängig wie z. B. der Aufnahmeentfernung, den Beleuchtungsverhältnissen und dem Kontrast auf der Gletscheroberfläche zum Zeitpunkt der Aufnahme. Das Hauptproblem bildet immer die geringe Durchzeichnung der Meßbilder in den Firnregionen, insbesondere dann, wenn die Aufnahmen nach Neuschneefällen gemacht sind. Das hat zur Folge, daß das Ziehen der Höhenlinien am photogrammetrischen Auswertegerät stellenweise unmöglich wird. Bei den Bildern des Gletscherfluges vom Jahre 1969 war dies an einigen Stellen der Fall. Während man bei der Luftbildauswertung mit Ausnahme dieser zeichnungslosen Stellen im allgemeinen eine lückenlose Kartierung der ganzen Gletscherfläche erreicht, treten bei Anwendung der terrestrischen Photogrammetrie wegen der dort nicht so guten Geländeeinsicht vereinzelt auch sichttote Winkel auf, die ebenso zu Ausfällen führen. Die zur Bestimmung der Höhenänderung aus den erwähnten Gründen nicht verwendbaren Gebiete betragen für den einzelnen Gletscher jedoch höchstens 20% seiner Fläche.

Untersuchungen über die Genauigkeit von Höhenlinien auf Schnee und Eis liegen bisher noch kaum vor, so daß man bei Genauigkeitsangaben mehr oder weniger auf Schätzungen angewiesen ist. Unter der Leitung der Verfasser wurde am Vernagtferner über mehrere Jahre ein Vergleich von terrestrisch-photogrammetrisch ermittelten und tachymetrisch gewonnenen Höhenlinien durchgeführt und dabei ein mittlerer Höhenfehler der photogrammetrischen Linien von $m_h = \pm (0,4 + 2 \tan \alpha)$ Meter nach der Formel von Koppe gefunden ($\alpha =$ Geländeneigung). Die Aufnahmeentfernungen lagen bei diesem Versuch allerdings nur im Bereich von ein bis zwei Kilometern und sind nicht repräsentativ für alle acht aufgenommenen Gletscher. Bedingt durch die unterschiedlichen Geländebeziehungen schwankten die Entfernungen hier zwischen 500 m und 5 km. Bei den luftphotogrammetrischen Aufnahmen lagen die den horizontalen Aufnahmeentfernungen entsprechenden Flughöhen über Grund zwischen 2000 m und 3500 m.

Die mittleren Höhenfehler der Höhenlinien gehen allerdings nicht in voller Größe in die Höhenänderungen der Gletscheroberfläche ein, da der durch das wechselnde Vorzeichen ausgedrückte zufällige Fehleranteil sich im Verlauf einer längeren Höhenlinie weitgehend kompensiert und den durchschnittlichen Abstand zweier Höhenlinien, der in die Berechnung eingeht (Finsterwalder, 1953) nur unwesentlich beeinflusst. Ein schwerer wiegender systematischer Fehler der Höhenlinie, der über größere Strecken einseitig wirkt, kann dadurch gemildert werden, daß man die zu vergleichenden Höhenlinienpläne immer wieder im gletscherfreien Gebiet einpaßt. Auf diese Weise läßt sich bei einiger Geschicklichkeit eine nicht unwesentliche Genauigkeitssteigerung erzielen.

4. DIE HÖHENÄNDERUNGEN DER EINZELNEN GLETSCHER

Die Höhenänderungen der Gletscheroberflächen sind in Tabelle 2 in Höhenstufen von je 100 m zusammengestellt. In Verbindung mit den Gletscherkarten in der Beilage 1 und den dort aufgeführten Diagrammen der Höhenänderungen ergibt sich ein klares Bild der Abhängigkeit der Oberflächenänderungen von der Meereshöhe. In den letzten Zeilen der Tabelle 2 ist außerdem die Höhenänderung, bezogen auf die gesamte Gletscherfläche ausgewiesen und zwar zuerst wieder unterteilt für je ein Jahrzehnt (dh_{m1} , dh_{m2}) und sodann für den Gesamtzeitraum 1950 bis 1969 (dh_{m3}). Multipliziert man diese Werte mit den jeweiligen Gletscherflächen, so ergeben sich die Volumenänderungen der Gletscher. Durch die Mittelung der Werte dh_{m3} , wobei als Gewichte die Gletscherflächen eingehen, erhält man einen wichtigen Durchschnittswert $\overline{dh_{m3}}$ für die jährliche Höhenänderung aller Gletscher im gesamten Zeitraum. Die Tabelle zeigt, daß das Verhalten der einzelnen Gletscher innerhalb der gleichen Zeiträume, bedingt durch ihre Höhenlage, Exposition und Neigung, doch recht unterschiedlich ist. So weisen die beiden benachbarten Gletscher des Zillertales, das Waxeggkees und das Schlegeiskees, die in der Zeit um 1950 keine ausgeprägte Zunge mehr hatten und sich offensichtlich in annähernd stationärem Zustand befanden, bereits im ersten Dezennium im Durchschnitt eine geringfügige Aufhöhung ihrer Oberflächen auf, die sich im zweiten Zeitabschnitt verstärkte und zu einem regelrechten Vorstoß mit starker Aufhöhung im unteren Bereich führte, während vorher dort noch ein Einsinken zu beobachten war. Der Vergleich der beiden Kurven der Höhenänderungen in der Kartenbeilage zeigt ein fast gleichartiges Verhalten der beiden Gletscher. Eine gewisse Gemeinsamkeit in ihren Reaktionen haben auch die weiteren zwei Zillertaler Gletscher, Hornkees und Schwarzensteinkees, wobei das Hornkees das etwas rascher und stärker reagierende ist. In den höheren Lagen ist bei beiden Gletschern bereits in der Periode von 1950—1960 eine geringfügige Aufhöhung der Oberfläche zu erkennen, während die verhältnismäßig tief herabreichenden Zungen stark einsinken. In der zweiten Periode setzt sich die Aufhöhung weiter nach unten fort, ohne jedoch das Zungenende ganz zu erreichen.

Die zwei untersuchten Gletscher der Stubai-Alpen, Grünau- und Sulzenaufener, haben in der ersten Periode einen fast gleichen mittleren Einsinkbetrag von ca. 2 dm und im zweiten Zeitraum eine etwas stärkere Aufhöhung, die das Zungenende ebenfalls gerade noch nicht erfaßt hat. Sie sind in ihrem Verhalten ähnlich dem Horn- und Schwarzensteinkees, reagieren aber noch etwas langsamer.

Noch träger in ihrer Reaktion erweisen sich die beiden großen Gletscher der Ötztaler Alpen, Gepatsch- und Hintereisferner. Sie zeigen beide ein stetiges, starkes Einsinken im Bereich der Zungen, die offensichtlich eine der derzeitigen Ernährung nicht entsprechende tiefe Lage haben. Der Gepatschferner weist im ersten Zeitraum im Mittel eine ganz geringfügige positive Höhenänderung auf, während die Höhenänderung beim Hintereisferner eindeutig negativ ausfällt. Zu diesem Defizit trägt vor allem das tief gelegene, große Zungengebiet des Ferners bei. Es bewirkt auch für die zweite Periode von 1958—1969 noch ein, wenn auch geringeres, Einsinken der Gesamtoberfläche des Hintereisferners. Hingegen setzt sich die Aufhöhung des Gepatschferners in dieser Zeit fort.

Vergleicht man die mittleren jährlichen Höhenänderungen in dem untersuchten Zeitraum (1950—1969) mit den entsprechenden Werten für die Periode von 1920 bis 1950 (siehe die eingeklammerten Werte in der untersten Zeile der Tabelle 2),

Tabelle 2: Höhenänderungen der Gletscheroberfläche

Gletscher	Schwarzensteinkees		Hornkees		Waxeggkees		Schlegeiskees		Grünauferner		Sulzenauferner mit Fernerstube		Hintereisferner		Gepatschferner	
	1950 bis 1960	1960 bis 1969	1950 bis 1960	1960 bis 1969	1950 bis 1959	1959 bis 1969	1950 bis 1959	1959 bis 1969	1950 bis 1959	1959 bis 1969	1950 bis 1959	1959 bis 1969	1953 bis 1959	1959 bis 1969	1953 bis 1958	1958 bis 1971
Höhenzone Änderungen in der Höhe der Gletscheroberfläche bezogen auf die Flächenmittel des Messungszeitraumes in Meter/Jahr																
3700–3600													0,00	+ 0,05		
3600–3500													0,00	+ 0,05		
3500–3400										0,00	+ 0,15	- 0,07	+ 0,12	+ 0,06	+ 0,05	+ 0,25 - 0,13
3400–3300	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	+ 0,11	- 0,04	+ 0,32	+ 0,14	+ 0,11	+ 0,45 + 0,02	
3300–3200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	+ 0,17	+ 0,10	+ 0,21	- 0,13	+ 0,19	- 0,01	+ 0,18	+ 0,49	+ 0,31	+ 0,37 + 0,08	
3200–3100	+ 0,20	0,00	+ 0,10	0,00	+ 0,14	+ 0,23	+ 0,13	+ 0,30	- 0,14	+ 0,48	+ 0,02	+ 0,26	+ 0,33	+ 0,26	+ 0,09 + 0,15	
3100–3000	+ 0,53	+ 0,10	+ 0,34	0,00	+ 0,19	+ 0,30	+ 0,28	+ 0,26	+ 0,04	+ 0,30	+ 0,01	+ 0,35	+ 0,25	+ 0,32	- 0,22 + 0,40	
3000–2900	+ 0,40	+ 0,26	+ 0,34	+ 0,14	+ 0,48	+ 0,41	+ 0,41	+ 0,29	+ 0,03	+ 0,34	- 0,02	+ 0,40	- 0,15	+ 0,13	- 0,01 + 0,30	
2900–2800	+ 0,20	+ 0,53	+ 0,42	+ 0,52	+ 0,54	+ 0,59	+ 0,46	+ 0,30	- 0,03	+ 0,41	- 0,06	+ 0,48	- 0,83	- 0,34	+ 0,55 + 0,13	
2800–2700	- 0,01	+ 0,72	+ 0,41	+ 0,71	+ 0,60	+ 0,72	+ 0,51	+ 0,36	- 0,30	+ 0,66	- 0,27	+ 0,44	- 1,39	- 0,47	+ 0,81 + 0,49	
2700–2600	- 0,31	+ 0,67	+ 0,36	+ 0,66	+ 0,42	+ 0,76	+ 0,30	+ 0,40	- 0,76	+ 0,57	- 0,73	+ 0,36	- 2,04	- 0,69	+ 0,29 + 0,32	
2600–2500	- 0,87	+ 0,66	+ 0,34	+ 0,88	+ 0,12	+ 1,28	- 0,24	+ 0,85	- 1,14	+ 0,34	- 0,80	+ 0,12	- 2,65	- 2,07	+ 0,24 + 0,02	
2500–2400	- 1,58	+ 0,14	+ 0,08	+ 0,71	- 0,72	+ 2,27	- 1,23	+ 2,68	- 2,17	- 0,25	- 4,50	- 0,33	- 3,56	- 2,97	+ 0,47 - 0,07	
2400–2300	- 3,06	- 1,00	- 0,72	+ 1,10	- 2,13	+ 2,45			- 3,04	- 0,65					- 0,35 - 0,50	
2300–2200	- 3,32	- 3,00	- 1,50	+ 0,89											- 2,17 - 1,60	
2200–2100	- 3,10		- 3,66	- 0,63											- 4,55 - 3,31	
2100–2000			- 3,65												- 6,47 - 6,00	
Mittel dh _{m1,2}	- 0,07	+ 0,35	+ 0,14	+ 0,58	+ 0,31	+ 0,67	+ 0,30	+ 0,42	- 0,24	+ 0,36	- 0,20	+ 0,33	- 0,48	- 0,15	+ 0,04	+ 0,09
Mittel dh _{m3}	+ 0,13		+ 0,35		+ 0,50		+ 0,36		+ 0,08		+ 0,08		- 0,27		+ 0,08	
(1920–1950)	(- 0,84)		(- 0,74)		(- 0,57)		(- 0,49)		(- 0,58)		(- 0,15)		(- 0,63)		(- 0,63)	

Mittel aus allen Gletschern über den Zeitraum 1950–1969: dh_{m3} = + 0,10 m/Jahr

so kann man feststellen, daß, vom Hintereisferner abgesehen, bei allen untersuchten Gletschern die Höhenänderung vom Negativen ins Positive gewechselt hat. Diese Tendenz drückt sich auch in dem Mittel dh_{m3} über alle acht Gletscher aus, das gegen Zufälligkeiten unempfindlicher ist und das mit $+0,10$ m pro Jahr für den Zeitraum 1950—1969 doch wesentlich anders ausfällt als das entsprechende Mittel für den Zeitraum 1920—1950 mit $-0,61$ m pro Jahr. Auch die von Richard Finsterwalder (1953) angegebenen Werte für die Zeiträume von 1856 bis 1890 und von 1890 bis 1920 mit $-0,60$ m und $-0,30$ m weisen in eine andere Richtung. Man darf also wohl von einer Tendenzwende sprechen, die sich bereits in der Periode 1950 bis 1959 abzeichnet und in der Folgezeit 1959—1969 voll wirksam wird. Freilich muß man sich hüten, das nur über zwei Jahrzehnte gewonnene Mittel mit einem dreißigjährigen zu vergleichen. Eine Fortsetzung der beschriebenen Untersuchungen mit einer Aufnahme der acht Testgletscher um das Jahr 1980 wäre daher zur Sicherung der gefundenen Ergebnisse wünschenswert.

ANMERKUNGEN ZUR BEILIEGENDEN KARTE

Die Beilage enthält verkleinert auf den Maßstab 1:20.000 die photogrammetrischen Auswertungen 1:10.000 vom Jahre 1969 (1971) mit einer Äquidistanz der Höhenlinien von 100 m. Gletscherabgrenzungen an einer verfirnten Kammlinie sind daran erkenntlich, daß die Höhenlinien mit der Kammlinie enden, während sie sonst im schneefreien Gebiet über die Gletschergrenze hinausgezogen sind. Im unteren Bereich der Gletscher sind auch die Grenzen vom Jahre 1950 (1953) und 1959 (1958) durch punktierte bzw. strichpunktierte Linien dargestellt. Bei der Abgrenzung der Gletscher wurde das nicht isoliert liegende Toteis zu den Gletscherflächen gerechnet. Das eingezeichnete Kartengitter bezieht sich auf das österreichische Gauß-Krüger-System; die Höhenangaben beziehen sich auf das österreichische Landeshöhennetz.

LITERATUR

- Breitner, J., 1974: Untersuchung der Genauigkeit von Höhenlinien auf Schnee und Eis. Diplomarbeit des Instituts für Photogrammetrie und Kartographie d. TU München (unveröffentlicht). 184 S.
- Finsterwalder, Rich., 1951: Die Gletscher der Bayerischen Alpen. Alpenvereinsjahrbuch 76: 60—66.
- Finsterwalder, Rich., 1953: Die zahlenmäßige Erfassung des Gletscherrückgangs an Ostalpengletschern, Zeitschr. f. Gletscherkunde und Glazialgeologie 2, 2: 189—239.
- Finsterwalder, Rich., 1961: On the Measurement of Glacier Fluctuations, Publication the I.A.S.H. Snow and ice commission, General Assembly Helsinki 1960, IASH Publ. 54: 325—334.
- Finsterwalder, Rüd., 1972: Orthophotos zur Gletscherkartierung. Bildmessung und Luftbildwesen, 40. Jg., 2: 148—152.
- Finsterwalder, Rüd. und H. Rentsch, 1973: Das Verhalten der bayerischen Gletscher in den letzten zwei Jahrzehnten — Erläuterungen zu den Gletscherstandskarten für die Jahre 1949 (1950) — 1959 — 1970 (1971). Zeitschr. f. Gletscherkunde und Glazialgeologie, 9, 1—2: 59—72.

Manuskript eingelangt am 12. Juli 1976.

Anschriften der Verfasser: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Finsterwalder, Technische Universität München, Institut für Photogrammetrie und Kartographie, Arcisstraße 21, D-8000 München 2
 Dipl.-Ing. Hermann Rentsch, Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Marstallplatz 8 D-8000 München 22