

ZUR HÖHENÄNDERUNG VON OSTALPENGLETSCHERN IM ZEITRAUM 1969—1979

Von R. FINSTERWALDER und H. RENTSCH, München

Mit einer Kartenbeilage und 1 Abbildung

ZUSAMMENFASSUNG

Acht ausgewählte Ostalpengletscher mit einer Gesamtfläche von 52 km² wurden zu den Stichjahren 1969 und 1979 photogrammetrisch aufgenommen, um aus dem Vergleich der beiden Aufnahmen die jährliche Höhenänderung der Gletscheroberfläche zu bestimmen. In diesem Zeitraum von zehn Jahren weisen die Gletscher, mit Ausnahme des Hintereisferners, eine positive jährliche Höhenänderung auf. Sie ist allerdings nicht mehr so groß wie im zurückliegenden Zeitraum von 1959 bis 1969. Die Aufhöhung findet vor allem im Bereich der Gletscherzungen statt, während die Firngebiete keine wesentlichen Höhenänderungen zeigen. Der Höhepunkt des in den sechziger Jahren eingetretenen Gletschervorstoßes scheint demnach bereits erreicht oder schon überschritten zu sein.

CHANGE IN ELEVATION OF GLACIERS IN THE EASTERN ALPS 1969—1979

SUMMARY

Eight selected glaciers in the Eastern Alps with a total area of 52 km² have been surveyed photogrammetrically in the years 1969 and 1979, to determine the annual height change of the glacier surface by the comparison of the two different surveys. In this period of ten years the glaciers show, except for the Hintereisferner, a positive annual height change. But it is less than the change in the past period from 1959 to 1969. The increase in elevation happens mainly in the lower regions of the glaciers, while the glacier-snowfields don't show any remarkable height changes. So the glacier advance of the sixties seem to have already reached or crossed its maximum.

Eine Reihe von Ostalpengletschern wird seit dem Jahre 1950 in etwa zehnjährigem Turnus photogrammetrisch aufgenommen, um aus der Veränderung ihrer Oberflächen die Volumens- und Höhenänderungen zu bestimmen. Über die Ergebnisse dieser Untersuchungen bis zum Aufnahmejahr 1969 wurde in dieser Zeitschrift bereits berichtet (Finsterwalder u. Rentsch 1976). In folgendem Beitrag werden die Höhenänderungen im Zeitraum von 1969 bis 1979 untersucht und diese mit denen aus früheren Zeitabschnitten verglichen. Die Untersuchungen beziehen sich auf die folgenden acht Gletscher:

	Aufnahmejahre	Fläche 1979 (km ²)
ZILLERTALER ALPEN		
Schwarzensteinkees	(1979, 1969, 1960, 1950, 1921)	4,93
Hornkees	(1979, 1969, 1960, 1950, 1921)	4,19
Waxeggkees	(1979, 1969, 1959, 1950, 1921)	4,12
Schlegeiskees	(1979, 1969, 1959, 1950, 1921)	5,63
STUBAIER ALPEN		
Sulzenauferner mit Fernerstube	(1979, 1969, 1959, 1950, 1932)	4,77
Grünauferner	(1979, 1969, 1959, 1950, 1932)	1,93
ÖTZTALER ALPEN		
Hintereisferner	(1979, 1969, 1959, 1953, 1920, 1894)	9,70
Gepatschferner	(1979, 1971, 1959, 1953, 1922)	18,16

Tab. 1: Höhenänderung

Gletscher	Schwarzensteinkees			Hornkees			Waxeggkees			Schlegeis-	
	1950 bis 1960	1960 bis 1969	1969 bis 1979	1950 bis 1960	1960 bis 1969	1969 bis 1979	1950 bis 1959	1959 bis 1969	1969 bis 1979	1950 bis 1959	1959 bis 1969
Messungs- zeitraum	1960	1969	1979	1960	1969	1979	1959	1969	1979	1959	1969
Höhenzone	Änderungen in der Höhe der Gletscheroberfläche bezogen auf										
3700—3600											
3600—3500											
3500—3400											
3400—3300	0,00	0,00	0,00				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3300—3200	0,00	0,00	-0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	+0,17	+0,08	+0,10	+0,21
3200—3100	+0,20	0,00	-0,06	+0,10	0,00	-0,07	+0,14	+0,23	+0,09	+0,13	+0,30
3100—3000	+0,53	+0,10	+0,09	+0,34	0,00	0,00	+0,19	+0,30	+0,05	+0,28	+0,26
3000—2900	+0,40	+0,26	+0,09	+0,34	+0,14	0,00	+0,48	+0,41	+0,02	+0,41	+0,29
2900—2800	+0,20	+0,53	+0,11	+0,42	+0,52	-0,03	+0,54	+0,59	-0,03	+0,46	+0,30
2800—2700	-0,01	+0,72	+0,35	+0,41	+0,71	+0,07	+0,60	+0,72	+0,01	+0,51	+0,36
2700—2600	-0,31	+0,67	+0,68	+0,36	+0,66	+0,19	+0,42	+0,76	+0,06	+0,30	+0,40
2600—2500	-0,87	+0,66	+1,24	+0,34	+0,88	+0,49	+0,12	+1,28	+0,15	-0,24	+0,85
2500—2400	-1,58	+0,14	+2,09	+0,08	+0,71	+0,55	-0,72	+2,27	+0,90	-1,23	+2,68
2400—2300	-3,06	-1,00	+3,45	-0,72	+1,10	+1,25	-2,13	+2,45	+2,69		
2300—2200	-3,32	-3,00		-1,50	+0,89	+1,45					
2200—2100	-3,10			-3,66	-0,63	+2,69					
2100—2000				-3,65							
Mittel dh _{m1, 2, 3}	-0,07	+0,35	+0,32	+0,14	+0,58	+0,18	+0,31	+0,67	+0,15	+0,30	+0,42
Mittel dh _{m4}		+0,19			+0,29			+0,38			+0,32
Mittel aus allen Gletschern über die Zeiträume	1950—1959	$\overline{dh}_{m4, 1} = -0,04$ m/Jahr									
	1959—1969	$\overline{dh}_{m4, 2} = +0,22$ m/Jahr									
	1969—1979	$\overline{dh}_{m4, 3} = +0,14$ m/Jahr									
	1950—1979	$\overline{dh}_{m4} = +0,11$ m/Jahr									

Die Gletscher der Zillertaler Alpen wurden terrestrisch-photogrammetrisch am 4. und 5. 9. 1979 aufgenommen, die der Stubai- und Ötztaler Alpen luftphotogrammetrisch. Die Befliegung erfolgte am 14. 8. 1979 mit einer Weitwinkelkamera aus einer Flughöhe von 6000 m über dem Meeresspiegel. Da die Geländehöhen zwischen 3710 m (im Bereich der Weißkugel) und 2067 m (Zungenende des Gepatschferners) schwanken, liegt der Bildmaßstab für die abgebildeten Gletscher zwischen 1:15.000 und 1:26.000. Die photogrammetrische Auswertung umfaßt die Einmessung der Höhenlinien im Abstand von jeweils 100 m sowie das Setzen von Knoten an den Zungenenden; außerdem die Kartierung der Gletscherbegrenzung, der Altschneelinie und der Firngrenze.

Bei einer mittleren Flughöhe von 3000 m über Grund und einer angenommenen photogrammetrischen Meßgenauigkeit von $0,1\text{‰}$ der Flughöhe ergibt sich für die ausgewerteten Höhenlinien ein Mindestfehler von 0,3 m. Diese Genauigkeit gilt günstigstenfalls nur für Gletscherteile mit guter Durchzeichnung der Luftbilder. Im Firnggebiet läßt sich diese Genauigkeit nicht erreichen. In einzelnen, mit Neuschnee

der Gletscheroberflächen

kees	Grünauferner			Sulzenauferner mit Fernerstube			Hintereiserner			Gepatscherner			
	1969 bis 1979	1950 bis 1959	1959 bis 1969	1969 bis 1979	1950 bis 1959	1959 bis 1969	1969 bis 1979	1953 bis 1959	1959 bis 1969	1969 bis 1979	1953 bis 1958	1958 bis 1971	1971 bis 1979
								0,00	+0,05	0,00			
								0,00	+0,05	0,00			0,00
0,00	0,00	+0,15	0,00	-0,07	+0,12	0,00	+0,06	+0,05	0,00	+0,25	-0,13	+0,16	
0,00	-0,13	+0,19	-0,15	-0,04	+0,32	0,00	+0,14	+0,11	-0,02	+0,45	+0,02	+0,17	
-0,01	-0,14	+0,48	-0,09	-0,01	+0,18	-0,02	+0,49	+0,31	+0,01	+0,37	+0,08	+0,21	
+0,01	+0,04	+0,30	-0,02	+0,02	+0,26	-0,05	+0,33	+0,26	+0,07	+0,09	+0,15	+0,14	
+0,03	+0,03	+0,34	-0,02	+0,01	+0,35	-0,08	+0,25	+0,32	+0,10	-0,22	+0,40	+0,09	
+0,12	+0,03	+0,34	-0,02	-0,02	+0,40	-0,02	-0,15	+0,13	+0,01	-0,01	+0,30	+0,13	
+0,45	-0,03	+0,41	+0,09	-0,06	+0,48	+0,12	-0,83	-0,34	-0,21	+0,55	+0,13	+0,24	
+0,63	+0,45	-0,30	+0,66	+0,36	-0,27	+0,44	+0,18	-1,39	-0,47	-0,36	+0,81	+0,49	+0,30
+0,44	+0,63	-0,76	+0,57	+0,63	-0,73	+0,36	+0,56	-2,04	-0,69	-0,40	+0,29	+0,32	+0,71
+0,48	+0,44	-1,14	+0,34	+1,13	-0,80	+0,12	+0,49	-2,65	-2,07	-1,17	+0,24	+0,02	+1,15
+1,57	+0,48	-2,17	-0,25	+1,50	-4,50	-0,33	+3,68	-3,56	-2,97	-2,09	+0,47	-0,07	+0,86
	+1,57	-3,04	-0,65	+1,17							-0,35	-0,50	+0,52
											-2,17	-1,60	+0,65
											-4,55	-3,31	+0,55
											-6,47	-6,00	-1,62
+0,24	-0,24	+0,36	+0,11	-0,20	+0,33	+0,09	-0,48	-0,15	-0,14	+0,04	+0,09	+0,20	
		+0,09			+0,08			-0,20			+0,10		

bedeckten Firnmulden konnten Höhenlinien überhaupt nicht eingemessen werden. Aus dem Vergleich der Höhenlinien der Aufnahmen vom Jahre 1969 mit denen aus dem Jahre 1979 wurde die mittlere jährliche Höhenänderung der Gletscheroberfläche berechnet, und zwar einmal für die Höhenzonen von jeweils 100 m und zum anderen für die gesamten Gletscheroberflächen.

Die Ergebnisse zeigen die folgende Tab. 1 „Höhenänderungen der Gletscheroberfläche“ sowie die beiliegende Karte im Maßstab 1:20.000. In dieser Karte sind die Gletschergrenzen der Jahre 1969 und 1979 sowie die Höhenlinien vom Jahre 1969 enthalten. Außerdem sind die Höhenänderungen der Gletscheroberflächen in Form eines Diagramms für die Zeiträume 1959—1969 und 1969—1979 dargestellt. Die Tabelle zeigt die zonalen Höhenänderungen 1950—1959, 1959—1969 und 1969 bis 1979 zahlenmäßig ausgewiesen, ferner die mittleren jährlichen Höhenänderungen für die gesamten Gletscherflächen. Letztere sind auch in der Abb. 1 „Jährliche Höhenänderungen ausgewählter Ostalpengletscher in der Zeit von 1889—1979“ graphisch aufgetragen und in Beziehung gesetzt zu den entsprechenden Werten aus

früheren Messungsperioden. Dabei wurden noch andere, nicht in der Tabelle „Höhenänderungen der Gletscheroberflächen“ aufgeführten Ostalpengletscher aufgenommen.

Über die einzelnen Gletscher lassen sich folgende Aussagen machen:

SCHWARZENSTEINKEES

Von den vier Zillertaler Gletschern ist der Schwarzensteinkees am spätesten vorgestoßen. Im Zungenbereich zeigt es mit +3,45 m die größte jährliche Höhenänderung, ebenso mit +0,32 m die größte jährliche Höhenänderung der gesamten Gletscheroberfläche. In der Höhenlage über 3100 m ist auch beim Schwarzensteinkees bereits ein schwaches Einsinken der Gletscheroberfläche festzustellen.

HORNKEES

Das Zungenende ist mit +2,69 m noch stark aufgehöhnt, aber bereits ab 2800 m Höhe zeigt sich ein leichtes Einsinken. Die gesamte Höhenänderung ist mit +0,18 m nur mehr ein Drittel des Wertes der Periode 1960–1969.

WAXEGGKEES

Die Höhenänderungen entsprechen etwa denen des benachbarten Hornkees. Die Gesamthöhenänderung ist mit +0,15 m nicht einmal mehr der vierte Teil des Wertes in der Periode 1959–1969. In dieser Periode ist das Waxeggkees allerdings auch am kräftigsten vorgestoßen.

SCHLEGEISKEES

Es ist in der Höhenlage, der Exposition sowie der Geländeneigung am meisten dem Waxeggkees ähnlich. Die Aufhöhung im Zungenbereich ist etwas kleiner als bei diesem, dafür ist die Aufhöhung im mittleren Höhenbereich größer. Insgesamt ergibt sich eine etwas größere Gesamthöhenänderung von +0,24 m/Jahr.

GRÜNAUFERNER

Dieser Gletscher zeigt ebenfalls im unteren Teil eine Aufhöhung, ab 2000 m Höhe ein leichtes Einsinken der Oberfläche. Die Gesamthöhenänderung bleibt mit +0,11 m leicht positiv.

SULZENAUFERNER

Fast genauso verhält sich der benachbarte Sulzenauferner. Die Aufhöhung am Zungenende ist mit +3,68 m von allen untersuchten Gletschern am größten. Die Aufhöhung der gesamten Gletscheroberfläche beträgt jedoch nur +0,09 m, da im Firngebiet die Flächen mit einem, wenn auch geringfügigen negativen Höhenänderungsbetrag überwiegen.

HINTEREISFERNER

Ganz abweichend von den bisher betrachteten Gletschern verhält sich der Hintereisferner. Er zeigt als einziger Gletscher eine negative Gesamtbilanz von $-0,14$ m jährlich. Hebungsflächen finden sich nur im mittleren Höhenbereich zwischen etwa 2900 und 3200 m Meereshöhe. Die Gebiete darüber sind etwa ausgeglichen, während die Zunge weiterhin kräftig einsinkt (maximal $-2,09$ m/Jahr am Zungenende).

GEPATSCHFERNER

Der größte der untersuchten Gletscher zeigt hingegen wieder eine positive Tendenz mit einem jährlichen Hebungsbetrag von +0,20 m. Die größte Aufhöhung liegt im Bereich der Gletscherzunge in einer Höhenlage von etwa 2500 m, während am Zungenende bei 2100 m noch ein Einsinken zu beobachten ist. Die maximale Aufhöhung hat also noch nicht das Zungenende erreicht. In den Firngebieten ist eine

Jährliche Höhenänderungen ausgewählter Ostalpengletscher in der Zeit von 1889-1979

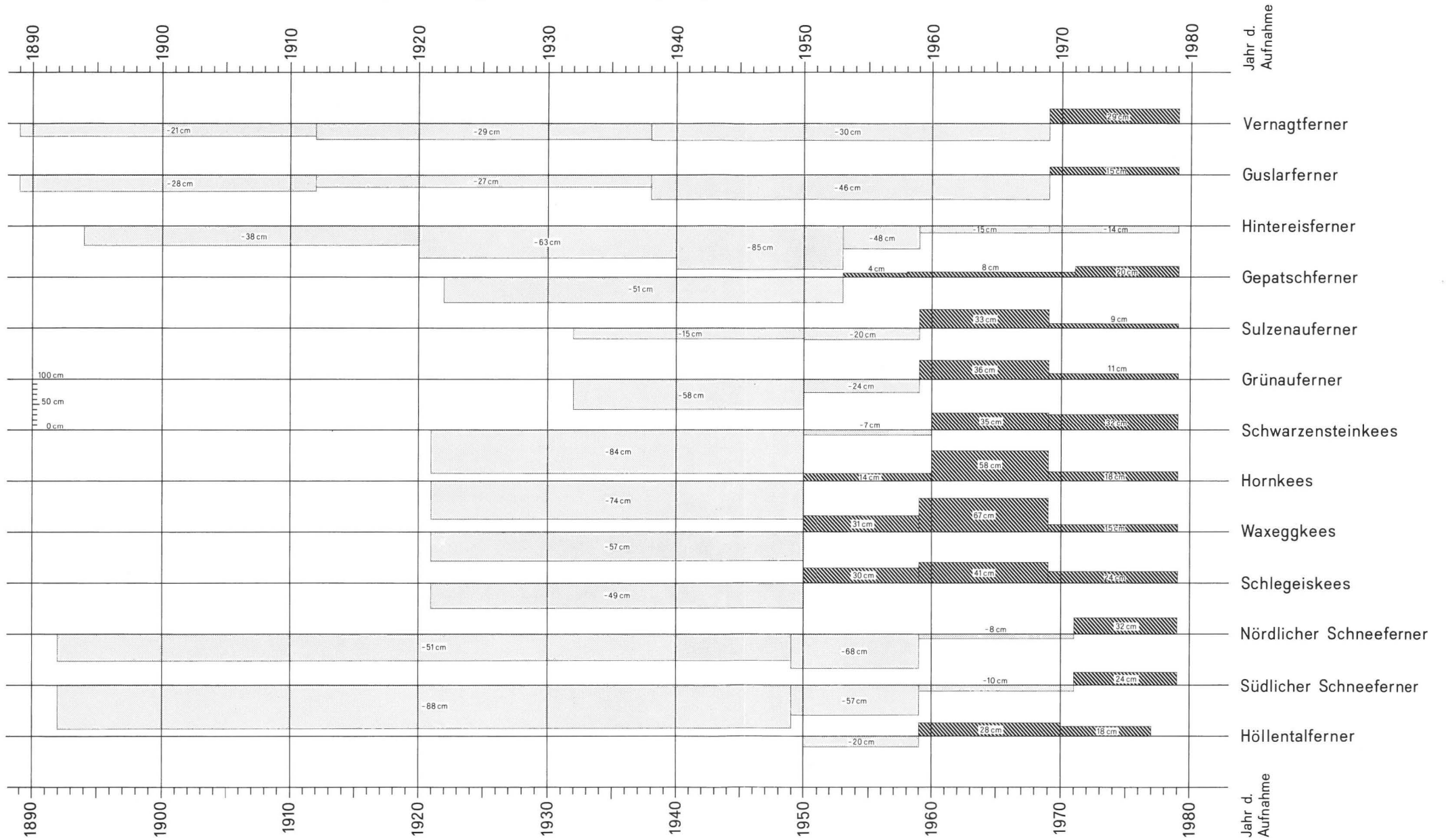


Abb. 1

geringfügige Aufhöhung zu verzeichnen; die höchsten Teile um die Weißseespitze zeigen gleichbleibende Tendenz.

ZUSAMMENFASSENDER BEURTEILUNG:

Betrachtet man die Meßperiode 1969—1979 im Zusammenhang mit den früheren Perioden, so läßt sich folgendes feststellen:

1. Die jährliche Höhenänderung, bezogen auf die ganze Gletscherfläche, ist im Mittel über die untersuchten acht Gletscher mit $+0,14$ m kleiner als in der vorhergehenden Periode (1959—1969), deren Wert $+0,22$ m betrug. In den noch weiter zurückliegenden Perioden (1950—1959 und 1920—1950) waren die entsprechenden Werte mit $-0,04$ m bzw. $-0,61$ m noch negativ. Die Aufhöhungstendenz hat aber ihren Höhepunkt bereits überschritten.

2. Diese Tatsache zeigt sich auch aus der zonalen Verteilung der Höhenänderungen im Zeitraum 1969—1979. Es weisen die Firngebiete im allgemeinen keine Aufhöhung mehr auf, während die Zungengebiete noch recht große Hebungsbeträge zeigen. Bei den auf eine Ernährungsänderung rascher reagierenden, steilen und kleineren Gletschern (z. B. Waxeggkees, Schlegeiskees) nimmt die positive Höhenänderung am Zungenende im Vergleich mit der Periode 1960—1969 bereits wieder ab, bei langsamer reagierenden Gletschern liegt das Maximum der Höhenzunahme etwa im Bereich der Zungenenden (z. B. Schwarzensteinkees) oder noch oberhalb derselben (Gepatschferner).

3. Das Mittel der Höhenänderungen über die letzten dreißig Jahre (1950—1979) ist mit $+0,11$ m eindeutig positiv. Es unterscheidet sich ganz wesentlich vom Mittel der dreißigjährigen Periode 1920—1950, das $-0,61$ m beträgt (Finsterwalder u. Rentsch 1976). Auch die von Finsterwalder (1953) angegebenen Mittelwerte für die Zeiträume 1856—1890 von $-0,60$ m und für den Zeitraum 1890—1920 von $-0,30$ m zeigen eine völlig andere Tendenz.

Die vorgelegten Zahlen sind lediglich als eine Dienstleistung der Geodäsie für die Glaziologie zu betrachten. Auf eine Deutung im Hinblick auf Klimaveränderungen soll deshalb hier verzichtet werden.

LITERATUR

Finsterwalder, Rich.: Die zahlenmäßige Erfassung des Gletscherrückgangs an Ostalpengletschern. Zeitschr. f. Gletscherkunde und Glazialgeologie 1953, Bd. 2, S. 189—239.

Finsterwalder, Rüd. und H. Rentsch: Die Erfassung der Höhenänderung von Ostalpengletschern in den Zeiträumen 1950—1959—1969. Zeitschr. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie 1976, Bd. 12, S. 29—35.

Manuskript eingelangt am 10. 4. 1981.

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