

Neuere Gletscherstudien in der Sonnblickgruppe.

Von N. LICHTENECKER, Wien.

Mit 5 Bildern und 1 Karte.

Im Frühjahr 1930 trat der Sonnblick-Verein durch Herrn Professor W. Schmidt an das Geographische Institut der Universität Wien mit dem Ersuchen heran, regelmäßige Gletscherbeobachtungen und -messungen in der Sonnblickgruppe vorzunehmen. Der Vorstand des Instituts beauftragte mich mit der Durchführung dieser Arbeiten, die durch bedeutende jährliche Subventionen des Sonnblick-Vereines, für die auch an dieser Stelle herzlichst gedankt sei, ermöglicht worden sind. Im Sommer 1930, in dem eine lange Schlechtwetterzeit den zweimaligen Besuch des Gebietes erforderte, vertrat mich in der zweiten, eigentlichen Arbeitsperiode Herr Dr. W. Hacker, da ich zu dieser Zeit unabkömmlich war, so daß ich nur Anweisungen für die vorzunehmenden Messungen geben konnte, über die Herr Hacker im Jahresbericht des Sonnblick-Vereines 1930 Aufschluß gegeben hat. Außer diesem meinem Mitarbeiter waren im Lauf der Jahre Herr Dr. J. Neunteufel und eine größere Zahl von Hörern des Geographischen Instituts, vor allem die Herren S. Hartmann, H. Klimpt, H. Graul und U. Schuster, an den Untersuchungen beteiligt, deren Durchführung mit Ausnahme des Sommers 1932 Jahr für Jahr unter grober Ungunst der Witterung zu leiden hatte. Dieser Umstand und die bald gemachte Erfahrung, daß sich die Gletscher der Goldberggruppe für gewisse Messungen nicht eignen, führten zu einer Einschränkung des ursprünglichen Arbeitsprogramms. Andererseits war es eine lohnende Aufgabe, gerade das eigenartige Goldbergkees mit seiner im Nähr- und Zehrgebiet annähernd gleichen Breitenausdehnung einer eingehenden Untersuchung zu unterziehen; über ihren Umfang und einige ihrer Ergebnisse bietet die beigegefügte Karte einen raschen Überblick.

Zunächst sei über den Rückgang des Goldberg-, Wurten- und Kleinfleißkeeses in den Jahren 1930 bis 1934 berichtet.

Tabelle 1.

Markenmessung Goldbergkees.

Zeitpunkt	Entfernung der Marken vom Eisrand						Mittelwert der Veränderung
	linker Zungenlappen			rechter Zungenlappen			
	B	II	A	VII	IV	V	
29. VIII. 1930 ¹	—	118·9	22·9	103·2	69·5	90·5	1928/30 Rückgang 13·9 m
24. VIII. 1931	26·0	123·5	29·0	110·3	75·0	98·0	1930/31 „ 6·1 „
7. IX. 1932	34·8 ²	128·0	35·0	119·0	83·5	107·9	1931/32 „ 7·7 „
20. VIII. 1933	56·1	— ³	38·0	127·1	87·7	113·5	1932/33 „ 8·4 „
23. VIII. 1934	64·4	—	51·1	135·4	102·0	120·0	1933/34 „ 10·1 „

¹ Nach Messung Hacker. — ² Heissel und Hanke ([6], S. 179) haben hier am 24. VIII. 1932 (wohl irrtümlich) 24·3 m gemessen; daraus und aus der Tatsache, daß ihre Messung um zwei Wochen später als die oben wiedergegebene durchgeführt wurde, erklärt sich, daß hier der mittlere Wert des Rückganges 1930/32 mit 13·8 m, von Heissel und Hanke mit nur 8·5 m angegeben wird. — ³ Marke II ist überflüssig geworden.

Markenmessung Wurtenkees.

Zeitpunkt	Entfernung der Marken vom Eisrand					Mittelwert der Veränderung
	links		rechts		V ²	
	V1a	V1b	VIII. P. ¹	VII. r. P. ¹		
13. IX. 1930 ³	36·3	42·5	59·0	—	134·0	1928/30 Rückgang 23·5 m
8. IX. 1932	50·0	53·9	70·3	60·5	—	1930/32 „ 12·1 „
1. IX. 1933	56·3	57·7	82·8	68·1	—	1932/33 „ 7·6 „

¹ l. P. = linke, r. P. = rechte Pfeilrichtung. — ² 1932 wurde V als überflüssig nicht mehr vermessen, dafür VII r. P. in die Messungen aufgenommen. — ³ Nach Messung Kinzl.

Markenmessung Kleinfleißkees.

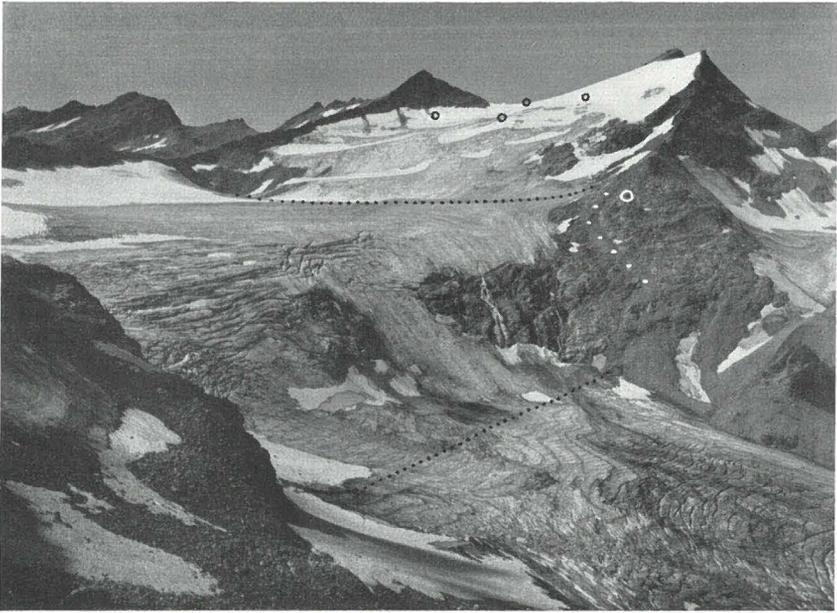
Zeitpunkt	Entfernung der Marken vom Eisrand		Mittelwert der Veränderung ¹
	I Ba	I b	
6. IX. 1930 ²	51·5	54·0	1928/30 Rückgang 10·6 m
2. IX. 1931	65·6	64·0	1930/31 „ 12·0 „
9. IX. 1932	68·4	69·9	1931/32 „ 4·4 „
5. IX. 1933	75·4	73·5	1932/33 „ 5·3 „

¹ Es darf nicht übersehen werden, daß die Messung beim Kleinfleißkees nicht in der Richtung der Gletscherlängsachse, sondern schräg darauf erfolgt, so daß die gewonnenen Beträge eher das seitliche Schrumpfen des Eiskörpers als dessen Rückgang kennzeichnen. — ² Nach Messung Hacker.

Aus den Markenmessungen am Wurten- und insbesondere am Goldbergkees könnte der Eindruck gewonnen werden, daß der Verfall der Gletscher seit 1930 Jahr für Jahr stärker fortschreitet. Die im folgenden angegebenen Querschnittsveränderungen der Eismasse des Goldbergkeeses widerlegen aber diese Annahme und zeigen, daß der Markenmessung am Gletscher nur ein beschränkter Wert innewohnt: in ihrem Ergebnis ist eben stets die Summe einer ganzen Reihe nicht gerade leicht auseinander zu haltender Einflüsse verborgen.

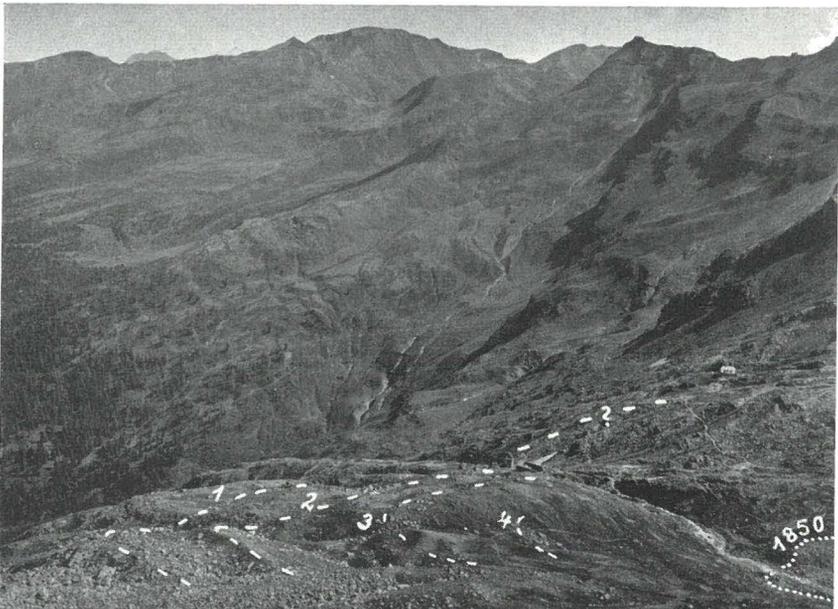
Beim Goldbergkees weist das gletscheraufwärts gerichtete Einfallen der Eisbänder knapp oberhalb der vom unteren grupeten Kees überflossenen Stufenkante darauf hin, daß der Gletscherboden dort im allgemeinen rückläufig wird; der ihn abschließende Riegel schaut über dem linken Zungenlappen schon in ziemlicher Breite aus dem Gletscher heraus; dadurch, daß die Eisschicht, die ihn überschreitet, immer dünner wird, vermindert sich der Druck auf die beiden Zungenlappen andauernd und ihre solchermaßen verringerte Abwärtsbewegung vermag nicht mehr der Abschmelzung — mag diese auch an sich geringer sein als früher — energischen Widerpart zu bieten: Die Zungenstirn wird immer rascher nach rückwärts verlegt. Dazu kommt noch, daß die Dicke des linken Lappens so gering geworden ist, daß hier ein völliger Zusammenbruch, der sich 1934 schon sehr bemerkbar zu machen begann, in allernächster Zeit diesen Teil der Gletscherzunge verschwinden lassen wird.

Im Gegensatz zu diesen Verhältnissen an der linken Seite des Gletscherendes steht die Erscheinung, daß vom rechten Rand des östlichen Zungenlappens noch heute — genau so wie vor 40 Jahren ([1], S. 65) — Toteis unter der mächtigen Moräne bis nahe an ihr Ende gegenüber dem Knappenhaus reicht. Diese breite Moräne ist die seinerzeitige Mittelmoräne zwischen dem Goldbergkees und dem steilen Neunerkees, an das heute (siehe Bild 1) nur



Aufn. Lichtenecker.

Bild 2. Das Goldbergkees im Jahre 1932, überblickt aus Ostsüdost (Standpunkt bei Kote 2696,5 der Karte von Wollen-Tschamler). Am rechten Bildrand ist noch der rechte Lappen des Kleinsonnblickkeeses sichtbar. Schwarze Punktreihen bezeichnen das obere und das untere Profil, bzw. die dort über den Gletscher gelegten Steinreihen. Die Ringelchen zwischen Goldbergspitz und Sonnblick deuten die Lage der dort 1931 ausgesetzten Stahlrohre an. Die der Rojacherhütte (weißes Ringelchen) benachbarte Ufermoräne von 1850 ist weiß punktiert.



Aufn. Lichtenecker.

Bild 3. Blick vom Aufstieg zur Rojacherhütte (Standpunkt Kote 2436,3 der Karte von Wollen-Tschamler) über den das Vorfeld des Goldberggletschers abschließenden Riegel; er wird links vom Gletscherbach von vier Blockreihen bedeckt, die den etappenweise zurückverlegten Außenrand eines alten, höchstwahrscheinlich prähistorischen Gletscherstandes bezeichnen; rechts die Stirnmoräne von 1850; unmittelbar vor ihr liegt dort, wo die Zahl 1850 steht, der niedrige, ganz verwachsene Moränenwall, der dem Höchststand des 17. Jahrhunderts entspricht. — In der Mitte des Hintergrundes der Silberpfennig.

mehr drei kleine Eisschilde¹ erinnern. Die gewaltige Zufuhr des den verschiedenen Bergbaustollen entstammenden Haldenmaterials vom rechten Gehänge her bewirkte die ungewöhnliche Mächtigkeit dieser Moränenmassen und diese ist wieder die Ursache, daß sich Toteis so lange darunter halten konnte. Das schmutzige Eis ist des öfteren am Ostfuß der Moräne unmittelbar sichtbar und macht sich im übrigen durch die labile Lagerung der Gneistrümmer, das Auftreten kleiner Sölle (Einsturztrichter im Gletscherschutt) und die fortschreitende Verminderung der Höhe der Moräne bemerkbar.

Die Stirn des Kleinfleißkeeses liegt nach wie vor an der Oberkante der hohen Talschlußstufe der Kleinen Fleiß. Das Einsinken der Oberfläche der Zunge und ihre Verschmälerung dauern hingegen fort. Das Zungende des Wurtenkeeses geht in den letzten Jahren ziemlich rasch zurück, wobei die Gletscherstirn ihre eigenartige, an das Auftreten der breiten Mittelmoräne gebundene Ausstülpung nach wie vor beibehält (vgl. Bild 5).

Das Einsinken der Oberfläche des Goldbergkeeses.

Über meine Bitte hat Herr Dr. Hacker 1930 unterhalb des oberen grupeten Keeses und nächst dem oberen Ende des bei der Rojacherhütte sich ausdehnenden Keesbodens je einen Standpunkt am linken Ufer des Gletschers ausgewählt, von dem aus dann alljährlich in einer durch eine Marke, die an den gegenüberliegenden Felsen angebracht wurde, genau bestimmten Richtung die Höhe der Gletscheroberfläche sowie ihre Geschwindigkeit bestimmt wurden (vgl. die Karte und Bild 2).

Der Fixpunkt für das untere Profil wird von einer kleinen Felskanzel (2510'3 m) getragen, unterhalb der man den Gletscher betritt, wenn man, von der Rojacherhütte kommend, den Gletscher quert, um die Kleine Zirknitzscharte und weiterhin das Wurtenkees zu gewinnen. Man begeht dabei den Goldberggletscher annähernd in der gewählten Profillinie. Wenige Meter unterhalb dieses Felsvorsprunges erreicht man den nur mäßig geneigten, nahezu spaltenfreien Keesboden. In einer Entfernung von etwas mehr als einem halben Kilometer führt an der anderen Seite des Gletschers ein steiler Firnhang empor zu den unterhalb der Windischscharte gelegenen Felsen, an deren Fuß in einer Höhe von 2539'0 m eine rote Marke² das Südostende des Profils bezeichnet. Der Schräghang unter den Felsen wurde in die Profilmessungen nicht einbezogen. Die Horizontalentfernung der Visurmarke vom Nordwestende des Profils beträgt 743'9 m; der Gletscher war an dieser Linie im Jahre 1932, in dem unter dem Nordweststandpunkt der Rand des blanken Eises sichtbar war, 733'4 m breit.

Die zweite, obere Profillinie liegt in einer um rund 230 m größeren Höhe, dort, wo von dem flachen Keesboden, der sich über dem oberen grupeten Kees ausbreitet, ein abermaliger Aufschwung der Gletscheroberfläche emporführt zu dem von Goldbergspitz und Sonnblick abgeschlossenen,

¹ Außer diesen drei Eisschilden, einem schmalen, knapp unter der Fraganter Scharte in die Wintergasse absinkenden Firndreieck und der schon sehr zusammengeschmolzenen Eismasse im Neuner Bolfach, ist gegenwärtig der ganze gegen das Moränenvorfeld des Goldbergkeeses hinabziehende Hang eisfrei.

² Vom Nordweststandpunkt aus schließen die Visur auf die Marke am anderen Profillende und die Visur auf die (vom Standpunkt aus) rechte Vertikalkante des Niedersachsenhauses einen Winkel von 72° 25' ein. Für den Fall der Verwitterung der Marke genügt diese Angabe zur Wiedergewinnung des Profils.

wieder etwas flacheren obersten Teil des Goldbergkeeses. Der nordöstliche Endpunkt dieses Profils befindet sich unterhalb des ersten Aufschwunges des Sonnblick-Südostgrates auf einer schmalen Felsplatte über dem Gletscher und liegt 2742'4 m hoch. Von hier verläuft die Profillinie in südwestlicher Richtung¹ am Fuße der erwähnten Gletscherverteilung zu den niedrigen Felsen unter der Pilatusscharte. Hacker hat hier 1930 einen zweiten Standpunkt ([4], S. 27) auf einem Felsvorsprung ausgewählt und bezeichnet, doch ist er zwischen 1932 und 1934 vom darüber befindlichen Hang her von mächtigem Blockwerk überdeckt worden; die blaue Visurmarke, die am Felsen darunter angebracht war, ist in der gleichen Zeit der Verwitterung zum Opfer gefallen, so daß ich 1934 eine neue Marke (roter Vollkreis und Vertikalstrich mit Horizontalbalken) ungefähr² an der bisherigen Stelle anbringen mußte. Erhalten geblieben ist aber der etwas tiefer befindliche blaue Strich, der die Lage des Firnrandes unter jener Felskanzel im Jahre 1930 angibt. 1934 wurde durch einen roten Horizontalstrich der damals um 0'9 m tiefere Stand bezeichnet. Die Höhe der neuen Visurmarke beträgt 2746'6 m, ihre Entfernung vom Nordoststandpunkt 854'8 m; der Gletscher war 1934, entlang der Profillinie gemessen, 843'9 m breit. Sowohl der Fels, der den Nordoststandpunkt dieses Profils trägt, wie jener mit dem Nordweststandpunkt des zweiten, unteren Profils ist erst vor nicht allzulanger Zeit eisfrei geworden, denn auf der Karte von Wollen-Tschamler (1909) sind beide noch nicht sichtbar. Erwähnt soll noch werden, daß dort, wo die obere Profillinie den Gletscher quert, seine Oberfläche so horizontal ist, daß sich hier im Spätsommer regelmäßig ein Eissumpf ausdehnt.

Die Ergebnisse der im Laufe der Jahre an den beiden Profilen vorgenommenen Messungen vermittelt die Tabelle 2.

Die Auswertung des ersten Teiles der Tabelle 2 ergibt etwa folgendes: Die bedeutendste Erniedrigung der Eisoberfläche längs des unteren Profils fand in seinem linken (nordwestlichen) Drittel statt, dort, wo die Rückstrahlung von den unter der Rojacherhütte gelegenen Hängen am stärksten und wo die Eiszufuhr von den höheren Teilen des Gletschers her infolge der fortschreitenden Ausaperung großer Felspartien aus dem oberen grupeten Kees nur sehr gering ist, wie dies auch aus der Verziehung der Steinreihe (vgl. die Tabelle 4 und die Karte) ersichtlich wird. Im letzten (südöstlichen) Drittel des Profils sank die Eisoberfläche infolge der direkten und indirekten Schattenwirkung des rechten Hanges und des relativ starken Eisnachscheses viel weniger ein, kaum um die Hälfte der Betrages im ersten Drittel des Profils, wobei überdies von dem ganz rechts gelegenen Schräghang abgesehen ist. Das durchschnittliche jährliche Ausmaß des Einsinkens der Eisoberfläche betrug, wieder unter Vernachlässigung des erwähnten Schräghanges, dessen Einbeziehung den gewonnenen Wert zweifellos etwas herabdrücken würde, 1'3 m. Diese Zahl ist übrigens nicht klein zu nennen — in Anbetracht der Tatsache, daß wir uns hier rund 2500 m hoch befinden und der Gletscher im Bereich dieses Querschnittes gegen Nordost exponiert ist. Wir werden gleich sehen, daß der jährliche Betrag der Abschmelzung sich jenem Wert sehr nähert und warum dies der Fall ist.

¹ Vom Nordoststandpunkt aus schließen die Visur auf die Marke am anderen Profildende und die Visur auf den Goldbergspitz einen Winkel von 46° 31' ein.

² Der Fehler kann nur wenige Dezimeter betragen.

Tabelle 2.

Das Gletscherprofil unterhalb der Rojacherhütte.

Entfernung vom NW-Ende (2510·3 m) d. Profillinie in m	25·7	50·7	80·0	107·0	130·6	158·9	193·7	220·0	250·0	279·4	312·2	344·3	373·9	406·7	443·6	475·6	506·1	538·3	568·0
Höhe der Eisoberfläche am 3. IX. 1930 in m	2497·1	2492·0	2487·7	2484·2	2484·4	2484·2	2483·7	2482·6	2481·2	2480·9	2482·9	2483·1	2483·4	2481·7	2482·6	2482·6	2483·5	2483·6	2483·4
Einsinken der Eisoberfläche 1930/31 in m	1·7	2·3	2·4	2·8	3·4	2·2	2·4	1·9	1·2	1·4	2·9	3·5	3·2	1·3	1·4	0·5	1·0	0·7	0·4
Höhe der Eisoberfläche am 28. VIII. 1931 in m	2495·4	2489·7	2485·3	2481·4	2481·0	2482·0	2481·3	2480·7	2480·0	2479·5	2480·0	2479·6	2480·2	2480·4	2481·2	2482·1	2482·5	2482·9	2483·0
Einsinken der Eisoberfläche 1931/32 in m	0·4	1·0	1·4	1·2	1·3	1·3	1·5	1·8	1·2	0·6	0·9	0·6	0·8	0·6	0·2	0·9	0·4	1·0	1·4
Höhe der Eisoberfläche am 7. IX. 1932 in m	2495·0	2488·7	2483·9	2480·2	2479·7	2480·7	2479·8	2478·9	2478·8	2478·9	2479·1	2479·0	2479·4	2479·8	2481·0	2481·2	2482·1	2481·9	2481·6
Einsinken der Eisoberfläche 1932/33 in m	—	1·4	1·5	2·0	1·9	3·0	2·0	1·4	1·6	2·0	2·6	1·6	1·8	1·6	1·7	1·5	1·2	0·4	—
Höhe der Eisoberfläche am 31. VIII. 1933 ¹ in m	—	2487·3	2482·4	2478·2	2477·8	2477·7	2477·8	2477·5	2477·2	2476·9	2476·5	2477·4	2477·6	2478·2	2479·3	2479·7	2480·9	2481·5	—
Einsinken der Eisoberfläche 1933/34 in m	—	0·6	0·8	1·3	1·8	1·1	1·5	0·7	0·6	0·4	0·6	0·7	0·6	0·6	0·5	0·4	0·8	1·3	—
Höhe der Eisoberfläche am 25. VIII. 1934 in m	2493·3	2486·7	2481·6	2476·9	2476·0	2476·6	2476·3	2476·8	2476·6	2476·5	2475·9	2476·7	2477·0	2477·6	2478·8	2479·3	2480·1	2480·2	2480·9
Einsinken der Eisoberfläche 1930/34 in m	3·8	5·3	6·1	7·3	8·4	7·6	7·4	5·8	4·6	4·4	7·0	6·4	6·4	4·1	3·8	3·3	3·4	3·4	2·5

¹ Am 31. VIII. 1933 war die Gegend des unteren Profils, naturgemäß auch die Steinreihe, deren Vorhandensein es gestattet, jährlich die Profilhöhen in den gleichen Abständen vom Uferstandpunkt zu messen, von einer 0·4 m mächtigen Neuschneeschiebt bedeckt. Es wurde daher die Höhe der Gletscheroberfläche in willkürlichen Distanzen gemessen, wobei sich, die Neuschneedecke bereits abgerechnet, folgende Punkte ergaben: Distanz 8·6 m, Höhe 2501·9 m; D = 58·3 m, H = 2486·1 m; D = 93·5 m, H = 2480·1 m; D = 133·3 m, H = 2477·9 m; D = 204·9 m, H = 2477·6 m; D = 284·2 m, H = 2476·4 m; D = 361·1 m, H = 2477·7 m; D = 478·1 m, H = 2479·7 m; D = 538·5 m, H = 2481·5 m. — In der obigen Tabelle sind die Höhenwerte dieser Messung graphisch und rechnerisch auf die gewohnten Distanzen reduziert worden.

Das Gletscherprofil oberhalb der Rojacherhütte.

Entfernung vom NE-Ende (2742·4 m) der Profillinie in m	25·5	46·2	71·1	98·1	124·8	150·7	183·6	213·0	241·7	269·2	296·8	328·2	358·5	385·5	408·5
Höhe der Eisoberfläche am 4. IX. 1930 in m	2728·0	2724·9	2721·6	2719·3	2718·4	2717·4	2716·5	2715·5	2715·2	2715·0	2714·8	2715·1	2714·2	2715·3	2714·8
Einsinken der Eisoberfläche 1930/32 in m	0·4	—	1·9	—	2·4	—	2·9	—	2·3	—	2·6	—	2·5	—	2·9
Höhe der Eisoberfläche am 8. IX. 1932 in m	2727·6	—	2719·7	—	2716·0	—	2713·6	—	2712·9	—	2712·2	—	2711·7	—	2711·9
Einsinken der Eisoberfläche 1932/34 in m	1·2	—	1·5	—	1·6	—	1·1	—	1·7	—	1·5	—	1·8	—	1·9
Höhe der Eisoberfläche am 29. VIII. 1934 in m	2726·4	2721·7	2718·2	2715·8	2714·4	2714·1	2712·5	2711·7	2711·2	2710·5	2710·7	2709·9	2709·9	2710·0	2710·0
Einsinken der Eisoberfläche 1930/34 in m	1·6	3·2	3·4	3·5	4·0	3·3	4·0	3·8	4·0	4·5	4·1	5·2	4·3	5·3	4·8
Entfernung vom NE-Ende (2742·4 m) der Profillinie in m	438·5	472·5	500·5	526·4	555·4	585·3	618·3	644·6	673·4	703·4	735·5	763·1	788·1	813·3	832·0
Höhe der Eisoberfläche am 4. IX. 1930 in m	2713·4	2716·7	2718·1	2719·1	2719·6	2720·1	2721·6	2721·9	2721·8	2721·8	2720·7	2721·8	2724·7	2724·7	2735·8
Einsinken der Eisoberfläche 1930/32 in m	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Höhe der Eisoberfläche am 8. IX. 1932 in m	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Einsinken der Eisoberfläche 1932/34 in m	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Höhe der Eisoberfläche am 29. VIII. 1934 in m	2710·4	2710·8	2712·9	2714·2	2713·5	2716·6	2717·9	2717·3	2717·2	2717·6	2717·2	—	—	—	—
Einsinken der Eisoberfläche 1930/34 in m	3·0	5·9	5·2	4·9	6·1	3·5	3·7	4·6	4·6	4·2	3·5	—	—	—	—

Zunächst ist aber hier zu erwähnen, daß von 1932 bis 1933 das Einsinken der Eisoberfläche fast ebenso groß (!) war wie von 1930 bis 1931, daß aber von 1931 bis 1932 und von 1933 bis 1934 die Oberfläche stets nur halb so stark tiefer gelegt wurde als im jeweils vorhergehenden Jahr; das Verhältnis ist also, grob genommen, 2:1:2:1 in diesen vier aufeinanderfolgenden Intervallen. Aus dieser Zusammenstellung tritt ein wesentlich anderes Bild der Veränderung des Goldbergkeeses als aus den Markenmessungen entgegen; die jährliche Verschiedenheit des Klimas ist in der Verfolgung des Profils viel reiner zu erkennen und verhältnismäßig frei von der Auswirkung vorangegangener Veränderungen, deren Einfluß in den Markenmessungen hingegen oft erst nach Jahren zum Ausdruck kommt und sich dann mit der Einwirkung eben erst eintretender klimatischer Änderungen summiert.

Betrachten wir das obere Profil: An ihm ist das Einsinken der Eisoberfläche im mittleren Drittel am größten gewesen; die seitlichen Drittel des hier breit gegen Südost geöffneten Gletschers sind etwas weniger stark eingesunken. Die (in diesem Profil an sich äußerst geringe) Geschwindigkeit des Gletschers, die beiderseits der Naht des mittleren und rechten Drittels am größten ist, spielt dabei hier keine Rolle, denn die Gletscheroberfläche ist im Bereich dieses Querschnittes ja so gut wie völlig horizontal, so daß also für die schwindende Eismasse von oben her keine höhere Eissäule ersetzt wird. (Vergleicht man die Beträge des Einsinkens der Oberfläche verschiedener Gletscher miteinander, so sind neben der Höhenlage der Profillinie stets auch das Oberflächengefälle und die Geschwindigkeit der Ferner im Bereich der Messung zu berücksichtigen.)

Schlechtwetter hat in den Jahren 1931 und 1933 die Nachmessung des oberen Profils vereitelt; 1932 konnte nur seine linke Hälfte vermessen werden. Immerhin gestattet die Gegenüberstellung der damals und der im Jahre 1934 erzielten Werte die Feststellung, daß das Einsinken der Eisoberfläche im oberen Profil im Zeitraum 1932 bis 1934 nur 61 v. H. oder rund zwei Drittel des Einsinkens von 1930 bis 1932 ausmachte. Im unteren Profil entsprechen dieser Zahl 85 v. H. Es äußern sich also die klimatischen Änderungen, die im Lauf der Jahre auftreten, selbst auf so kleinem Raum, wie ihn dieser Gletscher einnimmt, nicht überall in völlig gleicher Weise.

Trotz der bedeutenden Höhenlage (über 2700 m) und einer bei weitem noch nicht optimalen Exposition beträgt die durchschnittliche jährliche Senkung der Eisoberfläche im oberen Profil 10 m: ein Wert, der sich von dem, der dem unteren Profil zugehört (wenn wir den Schräghang dort in Rechnung setzen), kaum unterscheidet. Da aber ein, wenn auch geringer Unterschied im Gefälle des Gletschers zwischen beiden Querschnitten besteht, müssen wir nach einem verlässlicheren Vergleichswert für die klimatische Beeinflussung der beiden Profillegenden suchen. Wir finden ihn durch die Bestimmung der Mächtigkeit der jährlich geschmolzenen Eisschicht.

Abschmelzung und Verlauf der Stromlinien beim Goldbergkees.

Im unteren Profil wurde am 7. September 1932 in einer Entfernung von 4756 m vom Nordweststandpunkt eine 45 m lange Stahlstange 38 m tief ins Eis gebohrt. Die Bohrlochmündung lag 24812 m hoch. Am 31. August 1933

betrug die Höhe des der Bohrlochmündung von 1932 entsprechenden Punktes im Profil 2479'7 m; das Bohrloch war 6'5 m gletscherabwärts gerückt (längs der Gletscheroberfläche gemessen), seine nunmehrige Mündung lag 2479'1 m hoch. Die Bohrstange war unter 18° gegen die Lotrechte geneigt, und zwar in der Richtung N 15° E; sie stak nur mehr 1'5 m im Eis.

Aus diesen Angaben ließ sich für 1933 der Neigungswinkel der Gletscheroberfläche im Bereich der Messung zu $5^\circ 18'$ bestimmen. Der Austrittswinkel der Stromlinien — die Linie, die das untere Ende der Bohrstange auf ihrer Wanderung mit dem Gletscher beschreibt, entspricht einer Stromlinie — betrug an dieser Stelle des Gletschers $7^\circ 08'$; die Stromlinien verliefen somit gegen eine gedachte Horizontalfläche unter dem spitzen Winkel von $1^\circ 50'$ schräg aufwärts. 1932/33 war hier eine Eisschicht von 2'3 m geschmolzen.¹

Am 25. August 1934 betrug die Höhe des der Bohrlochmündung von 1932 entsprechenden Punktes im Profil 2479'3 m; das Bohrloch war (wieder längs der Gletscheroberfläche gemessen) 6'0 m gletscherabwärts gerückt, seine nunmehrige Mündung lag 2478'3 m hoch; die Bohrstange, deren Neigung gegen die Vertikale ziemlich unverändert geblieben war, stak jetzt nur mehr 0'7 m im Eis.

Aus diesen Angaben ließ sich für 1934 der Neigungswinkel der Gletscheroberfläche zu $4^\circ 38'$ berechnen. Der Austrittswinkel der Stromlinien war genau so groß, mit anderen Worten: die Stromlinien verliefen nun horizontal. Die Abschmelzung² betrug hier nur mehr ein Drittel jener von 1932 bis 1933, nämlich bloß 0'8 m.

Die beiden Abschmelzungswerte von 2'3, bzw. 0'8 m stehen miteinander nahezu genau in demselben Verhältnis wie die Werte des Einsinkens der Gletscheroberfläche in der gleichen Entfernung (475'6 m) vom Nordwestende des Profils: 1932/33 1'5 m, 1933/34 0'4 m.

Die Verfolgung des Einsinkens des unteren Profils hatte bereits im Jahre 1931 gelehrt, daß die Abschmelzung nicht dort, wo ihre genaue Bestimmung schließlich durchgeführt wurde, sondern näher gegen den Nordweststandpunkt ihren größten Wert in diesem Querschnitt erreichen dürfte. Trotzdem wurde die Messung der Abschmelzung dort nicht vorgenommen, da die Gletscherbewegung in dieser Gegend durch die von 1930 auf 1931 eingetretene Verziehung der Steinreihe bereits als so gering erkannt worden war, daß eine genügend genaue Bestimmung des Stromlinienverlaufes fraglich schien. Es wurde daher die Abschmelzungsbestimmung gerade an jener Stelle des Profils durchgeführt, wo die Eisbewegung am größten war; aber auch

¹ Die Böschung des Gletschers ist so gering, daß sie bei der Berechnung der (eigentlich senkrecht zur Eisoberfläche zu ermittelnden) Abschmelzung vernachlässigt werden darf. (Der Betrag von 2'3 m würde sich nur um 1 cm verringern!)

² Unter „Abschmelzung“ ist hier selbstverständlich die Differenz zwischen dem gesamten Schneezuwachs und der gesamten wirklichen Abschmelzung von Schnee, Firn und Eis im Laufe eines Jahres zu verstehen. Schneepegelmessungen, über die Steinhauser ([8], S. 46) berichtet, ergaben, daß im Zeitraum Herbst 1930—Herbst 1934 der Durchschnittswert der jeweils vorkommenden größten Schneehöhen nahe dem unteren Profil 4'2 m, in der Gegend des oberen Profils 3'7 m (hier wohl wegen größerer Abwehung geringerer Wert!) betrug. Das besagt, daß man an diesen Punkten die durchschnittlichen jährlichen Schneeniederschläge in dem angegebenen Zeitraum auf etwa 5—6, bzw. 4—5 m schätzen darf; diese Mengen sind natürlich in der gesamten Abschmelzung enthalten.

hier darf infolge des kurzen Weges, den die Bohrstange jährlich zurücklegte, die Genauigkeit der Messung nicht so hoch angeschlagen werden, daß die errechnete Minutenangabe bei den angegebenen Winkeln genau stimmen müßte. Aber es zeigt sich — und das ist wichtig —, daß die Stromlinien hier unter dem Abfall des oberen grupeten Keeses annähernd horizontal verlaufen.

Diese Tatsache sei mit den Daten der folgenden kleinen Tabelle 3 zusammengehalten:

Tabelle 3.

In einer Entfernung vom NW-Ende des Profils von	betrug das Einsinken der Eisoberfläche 1932/34	die Abwärtsbewegung des Gletschers 1932/34	der Böschungswinkel des Gletschers (1934)
107·0 m	3·3 m	0·5 m	0°
130·6 „	3·7 „	1·9 „	3 ¹ / ₄ °
158·9 „	4·1 „	2·0 „	1 ¹ / ₂ °
193·7 „	3·5 „	3·2 „	0°

Es zeigt sich klar, daß hier im linken (nordwestlichen) Drittel des Profils, wo die Gletscheroberfläche am stärksten einsank, die Bewegung und das Gefälle aber am kleinsten sind, den Werten des Einsinkens die wahren Werte der Abschmelzung ohne wirksamen Fehler gleichgesetzt werden können. Vergleicht man die so gewonnenen Abschmelzungswerte des linken Profildrittels mit dem in einer Entfernung von 475·6 m vom Nordwestende gemessenen Wert (3·1 m für 1932 bis 1934), so läßt sich sagen, daß das Überwiegen des Abschmelzungsbetrages im Nordwestdrittel gegenüber dem in den südöstlichen Partien des Gletschers geringer ist, als man dies auf Grund des Einsinkens des Profils von vornherein vermuten sollte.

Noch einfacher liegen die Verhältnisse beim oberen Profil. Hier ist die Gletscheroberfläche fast überall horizontal, die Werte der Abwärtsbewegung des Eises sind sehr klein (maximal 2·1 m pro Jahr). Selbst wenn daher die Stromlinien hier nicht horizontal verlaufen, bzw. nicht unter sehr kleinem Winkel, sondern unter einem größeren Winkel austreten sollten (was völlig unwahrscheinlich ist), kann man die Abschmelzung in diesem Profil seinem Einsinken praktisch ohneweiters gleichsetzen. Die Probe auf das Exempel macht eine Abschmelzungsbestimmung, die allerdings nicht zu Ende geführt werden konnte: In einer Entfernung von 241·7 m vom Nordostende des Profils wurde am 10. September 1932 eine 1·5 m lange Stahlstange 1·33 m ins Eis gebohrt. 1933 mußte infolge Schlechtwetters eine Nachmessung entfallen, und als am 29. August 1934 das Profil wieder untersucht wurde, war die Stange bereits ausgeschmolzen. Die Abschmelzung betrug also dort von 1932 bis 1934 mehr als 1·33 m. Die Eisoberfläche sank am gleichen Punkte in eben dieser Zeitspanne um 1·7 m ein; größer als das Einsinken kann die Abschmelzung begrifflicherweise nicht sein; man wird also nicht fehlgehen, die Abschmelzung hier von 1932 bis 1934 mit 1·7 m oder nur verschwindend geringer anzusetzen. 1930 bis 1932 betrug der Wert des Einsinkens (Abschmelzung) für diesen Punkt 2·3 m, von 1930 bis 1934 im Jahresmittel also 1·0 m; in einer Entfernung von 555·4 m vom Nordoststandpunkt, dort, wo sich in diesem Profil der Gletscher am raschesten bewegt, ist der entsprechende Wert 1·5 m und der größte im ganzen Profil. Das ist (rund) der maximale Jahresmittelwert der Abschmelzung von 1930 bis 1934 im oberen Profil. Im unteren Profil dagegen ist der maximale Jahresmittelwert im gleichen Zeitraum (hier in einer Entfernung von 130·6 m vom Nordweststandpunkt) 2·1 m. Rechnet man

die Werte des Einsinkens im unteren Profil dort, wo die Böschung und die Geschwindigkeit des Gletschers relativ groß sind, in dem Verhältnis um, in dem der gemessene Abschmelzungswert zu dem zugehörigen Wert des Einsinkens stand, und bildet man dann die Mittelwerte der Abschmelzung für das untere und das obere Profil, wobei in beiden Fällen die letzten 100 m am rechten Gletscherrand mangels beobachteter Werte nicht mit einbezogen werden, so ergibt sich: Die durchschnittliche Abschmelzung der Eisoberfläche auf dem Goldbergkees betrug 1930 bis 1934 in einer Höhe von 2480 m 15 m, in einer Höhe von 2710 m 10 m pro Jahr.

Dabei darf man nicht übersehen, daß die Abschmelzung in 2480 m Höhe bei Nordost-, in 2710 m Höhe bei Südostexposition erfolgt; bei gleicher Exposition der betreffenden Gletscherabschnitte wäre der Unterschied zweifellos größer. Überdies vergrößert das regelmäßige Auftreten des Schmelzwassersumpfes im oberen Profil zweifellos die dortige Abschmelzung. Recht bedeutend sind die jährlichen Schwankungen der geschmolzenen Eisschicht (Messung am unteren Profil: Die Abschmelzungswerte 1932/33 und 1933/34 verhalten sich wie 3 : 1).

Die Bewegung des Goldbergkeeses.

Anhaltspunkte für die Größe der Geschwindigkeit, mit der sich das (im Jahre 1934) 285 km lange Goldbergkees abwärtsbewegt, gibt die Wanderung der Steine, von denen im Jahre 1930 19 im unteren und 30 im oberen Profil ausgelegt worden sind. Die nachfolgende Tabelle 4 berichtet über die zurückgelegten Weglängen. Die darin angeführten Entfernungen der Steine von ihren Ausgangspunkten sind unmittelbar auf der Gletscheroberfläche gemessen, sind also etwas länger als die Strecke der Wanderung der Eisteilchen an den Stromlinien. Aber die Kürze der zurückgelegten Strecken, die Horizontalität oder nur geringe Böschung der Eisoberfläche im Bereich der Steinreihen gestatten, die wahre Bewegung des Gletschers der an seiner Oberfläche gemessenen gleichzusetzen.¹

Die Geschwindigkeit des Gletschers erscheint in Anbetracht seiner bedeutenden Breite zunächst ganz unglaublich klein (maximal 71 m pro Jahr im unteren, 21 m im oberen Profil), was erst durch die Annahme begreiflich wird, daß die Mächtigkeit des Eises recht gering ist. Ich schätze sie im Bereich der unteren Profillinie, und zwar in der sehr wahrscheinlich tieferen rechten Gletscherhälfte auf höchstens 80 m. Es fehlt der Druck gewaltiger Firmassen, die sonst gewöhnlich bei den ostalpinen Gletschern die geräumigen Karmulden hoch über den Zungen erfüllen, ist doch beim Goldbergkees das Nährgebiet nicht oder nur ganz wenig breiter als das Zehrgebiet: ein ganz und gar untypischer Fall!

Die Krümmung des Gletschers führt dazu, daß der Stromstrich durchwegs dem rechten Gletscherrand nähergerückt ist (vgl. die Karte). Beim oberen und beim unteren grupeten Kees, aber auch bei der Versteilung des Gletschers oberhalb des oberen Profils sieht man, wie die Stufenhänge von links her unter den hier recht dünnen Eismassen ausapern: die Kraft der

¹ Selbst im Bereich etwas stärkeren Gletschergefülles, nahe Stein 16, wo der Austrittswinkel der Stromlinien zu rund 7° bestimmt wurde, ist der wahre Wert der jährlichen Eisbewegung nur um 5 cm kleiner als der unmittelbar auf der Eisoberfläche gemessene.

Tabelle 4.

Die Eisbewegung an der Oberfläche des Goldbergkeeses, gemessen an der Steinreihe unterhalb der Rojacherhütte.

Nummern der im Jahre 1930 ausgelegten Steine.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Entfernung der Steine (1930) vom NW-Ende (2510·3 m) der Profillinie in m	25·7	50·7	80·0	107·0	130·6	158·9	193·7	220·0	250·0	279·4	312·2	344·3	373·9	406·7	443·6	475·6	506·1	538·3	568·0
Abwärtsbewegung der Steine ¹ vom 3. IX. 1930 bis 29. VIII. 1931 in m.	0·2	—0·2 ²	0·6	0·6	1·6	1·2	2·5	2·6	3·2	4·4	5·5	6·2	6·9	7·3	7·6	7·8	7·8	7·3	6·8
Abwärtsbewegung der Steine ¹ vom 29. VIII. 1931 bis 7. IX. 1932 in m	0·2	0·6	0·4	0·7	1·4	1·5	1·8	2·8	3·2	4·1	5·2	6·0	6·7	7·2	7·4	7·8	7·2	6·6	6·2
Abwärtsbewegung der Steine ¹ vom 7. IX. 1932 bis 25. VIII. 1934 in m.	—	0·4	1·0	0·5	1·9	2·0	3·2	5·8	5·2	7·0	8·9	10·5	10·5	11·9	12·7	12·8	12·6	11·2	10·1
Abwärtsbewegung der Steine ¹ vom 3. IX. 1930 bis 25. VIII. 1934 in m.	—	ca.1·4	2·0	1·8	4·9	4·7	7·5	11·2	11·6	15·5	19·6	22·7	24·1	26·4	27·7	28·4	27·6	25·1	23·1
Jährl. Abwärtsbewegung des Eises an dieser Steinreihe im Zeitraum 1930—1934 in m	0·2	0·3	0·5	0·5	1·2	1·2	1·9	2·8	2·9	3·9	4·9	5·8	6·0	6·6	6·9	7·1	6·9	6·3	5·8

¹ Unmittelbar an der Gletscheroberfläche gemessen. — ² Stein 2 war nach dem ersten Jahr um 0·16 m aus der ursprünglichen Linie gletscheraufwärts gerückt, zweifellos durch Steinschlag oder Lahnendruck vom linken Hang in diese Richtung verschoben, wie die späterhin normal abwärts gerichtete Bewegung erkennen läßt.

Die Eisbewegung an der Oberfläche des Goldbergkeeses, gemessen an der Steinreihe oberhalb der Rojacherhütte.

Nummern der im Jahre 1930 ausgelegten Steine.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Entfernung der Steine (1930) vom NE-Ende (2742·4 m) der Profillinie in m	25·5	46·2	71·1	98·1	124·8	150·7	183·6	213·0	241·7	269·2	296·8	328·2	358·5	385·5	408·5
Abwärtsbewegung der Steine ¹ vom 4. IX. 1930 bis 8. IX. 1932 in m . . .	0·2	—	1·2	—	1·7	—	2·3	—	2·3	—	—	—	3·1	—	3·0
Abwärtsbewegung der Steine ¹ vom 4. IX. 1930 bis 29. VIII. 1934 in m . .	0·7	1·1	2·1	3·3	3·3	3·1	4·0	4·4	3·8	4·9	—	5·3	5·7	5·3	5·5
Jährliche Abwärtsbewegung des Eises an dieser Steinreihe im Zeitraum 1930—1934 in m	0·2	0·3	0·6	0·8	0·8	0·8	1·0	1·1	1·0	1·2	1·0²	1·3	1·4	1·3	1·4
Nummern der im Jahre 1930 ausgelegten Steine.	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Entfernung der Steine (1930) vom NE-Ende (2742·4 m) der Profillinie in m	438·5	472·5	500·5	526·4	555·4	585·3	618·3	644·6	673·4	703·4	735·5	763·1	788·1	813·3	820·0
Abwärtsbewegung der Steine ¹ vom 4. IX. 1930 bis 8. IX. 1932 in m . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Abwärtsbewegung der Steine ¹ vom 4. IX. 1930 bis 29. VIII. 1934 in m . .	6·2	5·7	6·7	6·7	7·2	8·3	6·5	7·2	6·2	4·3	3·2	—	—	—	—
Jährliche Abwärtsbewegung des Eises an dieser Steinreihe im Zeitraum 1930—1934 in m	1·6	1·4	1·7	1·7	1·8	2·1	1·6	1·8	1·6	1·1	0·8	—	—	—	—

¹ Unmittelbar an der Gletscheroberfläche gemessen. — ² Stein 11 hatte sich von 1930 bis 1932 um 7·6 m (!) abwärts bewegt; 1932 lag er im Laufe eines starken Schmelzgerinnes, das ihn zweifellos abwärts gestoßen hatte. 1934 herrschten bei Stein 11 normale Verhältnisse und in der Tat war er im Zeitraum 1932/34 nur um 2·0 m weitergewandert; diese Zahl ist dem Durchschnittswert in der Tabelle zugrunde gelegt.

Eiserosion wird infolge der Stromstrichlage zum weitaus größeren Teil in der rechten Gletscherhälfte wirksam; hier ist die Mächtigkeit und darum auch die Geschwindigkeit des Eises am bedeutendsten. Ihre Verteilung veranschaulicht besser als die angeführte Tabelle die Karte, in der die während der Jahre 1930 bis 1934 von den Profillinien abgewanderten Gletscherteile schwarz gehalten sind. Es ist dort gut sichtbar, wie unterhalb der beiden im oberen grupeten Kees unter dem Eis zum Vorschein kommenden Felspartien die Geschwindigkeit des Gletschers nach rechts hin sprunghaft zunimmt. Man erkennt das auch auf Bild 2 an der starken Ausbiegung der Ogiven (so nennt man die schmutzverbräunten Schnittlinien zwischen den Eisbändern und der Keesoberfläche) in der rechten Gletscherhälfte.

Eine einigermaßen brauchbare Vorstellung von der relativen Langsamkeit der Bewegung des Goldbergkeeses erhält man durch den Vergleich mit dem Hornkees in den Zillertaler Alpen; es ist um 1 km länger als das Goldbergkees und die Firnmassen, die seine rund 400 m breite Zunge speisen, werden in einem weiten Becken gesammelt; dieser Gletscher ist ein typischer Vertreter der mittelgroßen Ostalpen-Zungengletscher. 350 m oberhalb seiner Gletscherstirn machte während des Zeitraumes 1930 bis 1934 die Bewegung der Eisoberfläche im Stromstrich 22 m pro Jahr aus (der Wert von rund 7 m beim Goldbergkees wurde 650 m oberhalb der Gletscherstirn gewonnen). Dabei ist der vom Hornkees genannte Wert zweifellos noch lange nicht der größte im Bereich der ganzen Zunge.

Aus dem gesamten Bild des Goldberggletschers ist zu schließen, daß die Geschwindigkeitswerte, die am unteren Profil gemessen wurden, nur noch in der Gegend des oberen grupeten Keeses überboten werden. Eine vorsichtige Schätzung der jährlichen Bewegung der einzelnen Gletscherteile, gestützt auf die Ergebnisse der beiden Steinreihen, führt zu dem Schluß, daß bei dem gegenwärtigen Zustande schwerer Unterernährung des Goldbergkeeses ein Firnteilchen zu seiner Wanderung vom Sonnblickgipfel bis zum Gletscherende selbst im Stromstrich nicht viel weniger als 1000 Jahre brauchen würde. Die Geschwindigkeit ändert sich mit dem Anwachsen und Abschwellen der Eismasse ziemlich rasch. Daß eine an sich nur geringfügige Erniedrigung der Gletscheroberfläche, wie die aufeinanderfolgenden Profilmessungen sie ergaben, die Bewegung des Eises bereits merkbar zu verlangsamern vermag, zeigen die jährlichen Unterschiede im Ausmaß der Verziehung der Steinreihen (vgl. die Tabelle 4). Reduziert man unter der hiefür erlaubten Annahme, daß die Bewegung alle Tage im Jahre gleich groß sei, die Mittel der ja nicht immer am gleichen Tag des Sommers gewonnenen Werte stets auf ein volles Jahr, so ergibt sich: Die Bewegung des Gletschers betrug im unteren Profil von 1931 bis 1932 nur 92 v. H. jener von 1930 bis 1931 und von 1932 bis 1934 gar nur 84 v. H. jener von 1930 bis 1932! Man könnte einwenden, daß die Steine ja inzwischen abwärts und damit in eine an und für sich langsamer bewegte Zone des Gletschers gekommen seien. Gewiß, ein sehr kleiner Bruchteil der Geschwindigkeitsverminderung wird darauf zurückzuführen sein, aber eben nur ein verschwindend kleiner Teil:¹ Denn die kurze Abwärtswanderung des Gletschers machte in diesen vier Jahren

¹ Das erweist am besten die Abnahme der Abwärtsbewegung der zur Bestimmung der Abschmelzung dienenden Stahlstange, die von 1933 bis 1934 um 8 v. H. kleiner war als von 1932 bis 1933.

selbst dort, wo er sich am schnellsten bewegt, erst ein Dreiundzwanzigstel der Strecke zwischen Profil und Gletscherstirn aus. Man erkennt, daß selbst das mäßige mittlere Einsinken der Eisoberfläche von nur wenigen Metern eine sehr bedeutende Verminderung der Geschwindigkeit zur Folge hat. Auch dies weist darauf hin, daß die Mächtigkeit des Gletscherkörpers am unteren Profil nur gering sein kann.

Im oberen Profil läßt sich ebenfalls eine Abnahme der Geschwindigkeit von 1930/32 auf 1932/34 erkennen. Allerdings ist, wie schon früher erwähnt wurde, infolge der durch den Verlust der alten Marke notwendig gewordenen neuerlichen Fixierung des Profil-Südwestendes die Möglichkeit einer kleinen Ungenauigkeit in der Messung von 1934 nicht von der Hand zu weisen; das heißt, das Ausmaß der Verminderung der Eisbewegung ist vielleicht etwas kleiner, als die Tabelle erkennen läßt.

Firnzuwachs,¹ Geschwindigkeit und Verlauf der Stromlinien im Nährgebiet des Goldberggletschers.

Zur Bestimmung dieser Größen wurden am 30. August 1931² im obersten Teile des Nährgebietes des Gletschers vier Punkte ausgewählt, an denen je ein 6 m langes Stahlrohr (Durchmesser 2 cm) 1'5, bzw. (Rohr Nr. 4) 1'2 m tief in den Firn gebohrt wurde. Mit starkem Draht wurde an jedem der hierzu durchlochenden Rohre eine kleine Platte befestigt, in der (zum Zwecke der eventuellen einmaligen Identifizierung beim Ausapern der Rohre) so viele kleine Kreise ausgestanzt sind, als der Nummernzahl des Rohres entspricht.

Auf einem südlich des Zittelhauses vom Firn freigegebenen Felskopf wurde ein Standpunkt bezeichnet, dessen Höhe zu 3047'8 m und dessen Entfernung von dem 3105'8 m hohen Osttrigonometer des Zittelhauses zu 137'9 m bestimmt wurde. Zur näheren Lagebestimmung dieses Standpunktes sei angegeben, daß von ihm aus die Visur gegen den erwähnten Osttrigonometer

a) mit der Visur gegen die Anemometerstange auf dem Zittelhaus einen Winkel von 7° 45',

b) mit der Visur gegen den Gipfel des Goldbergspitz einen Winkel von 143° 0' 30'',

c) mit der Visur gegen den Gipfel des Altecks einen Winkel von 231° 39' 30'',

d) mit der Visur gegen den Gipfel des Scharecks einen Winkel von 258° 34' einschließt (sämtliche Winkel entgegen dem Uhrzeigersinn gemessen).

Die folgende Tabelle 5 gibt einen Überblick über die Lage der am 30. August 1931 ausgesetzten Rohre.

Tabelle 5.

R o h r	Entfernung vom Standpunkt 3047'8 m	Winkel Visur Stange—Visur Ost-trigonometer	Höhe des Schnittpunktes zwischen Rohr und Firnoberfläche	Eingebohrt in den Firn
Nr. 1 (unter dem Osthang des Goldbergspitz)	496'1 m	152° 0' 30''	2940'2 m	1'5 m
Nr. 2 (im Sattel zwischen Sonnblick und Goldbergspitz).	259'4 „	146° 0' 30''	2975'8 „	1'5 „
Nr. 3 (in der Falllinie unterhalb Rohr Nr. 2).	331'5 „	163° 23' 30''	2943'7 „	1'5 „
Nr. 4 (in der Falllinie unterhalb des Standpunktes 3047'8 m)	112'9 „	176° 58' 30''	3003'8 „	1'2 „

¹ Differenz zwischen dem Niederschlag in fester Form und der gesamten Abschmelzung.

² In die beigelegte Karte wurde irrtümlich 1932 eingetragen.

Am 9. September 1932 wurde die Lage dieser Rohre wieder eingemessen. Bezeichnenderweise war das Rohr im Sattel zwischen Sonnblick und Goldbergspitz (Nr. 2) am stärksten, das am weitesten in der Firnmulde abwärts ausgesetzte Rohr (Nr. 3) dagegen am wenigsten in den Firn hineingewandert. Wenn auch das Rohr unter den Osthängen des Goldbergspitz (Nr. 1) verhältnismäßig wenig in den Firn eingetaucht war, so mag das seine Ursache in der häufigen Firnentlastung dieses Hanges durch Lawinen haben. Leider erwies sich, daß fast alle Rohre mehr oder minder verbogen waren und überdies schräg im Firn steckten. Die Rohre 2, 3 und 4 waren in der Richtung S 15° E, das Rohr 1 gegen E 36° S geneigt, und zwar betrug die Neigung der Rohre gegen die Horizontale bis zu 56°. Diese Schrägstellung, bzw. Verbiegung ist nicht etwa in einer gegen die Oberfläche zunehmenden Geschwindigkeit des Firns — solche Unterschiede sind in der nur wenige Meter umfassenden Schicht, in der die Rohre stecken, unmöglich vorhanden —, sondern in den schweren Nordwest- und Nordstürmen zu suchen, die über das Firnfeld hinwegbrausen.¹ Die vorgenommene Nachmessung, bzw. Berechnung hat, so gut es ging, diese Veränderung der Rohre gegenüber der lotrechten Ausgangsstellung berücksichtigt; immerhin haftet den Ergebnissen, die die nächste Tabelle zusammenfaßt, ein Fehler von etwa ± 20 v. H. an. Im Jahre 1933 war eine Nachmessung nicht möglich, im darauffolgenden Jahr konnte nur der Firnzuwachs bei Stange 1 und 3 ermittelt werden.

Tabelle 6.

Das Eintauchen der Rohre im Firn (= Firnzuwachs) und ihre Abwärtsbewegung.

Rohr	Firnzuwachs vom 30. VIII. 1931 bis 9. IX. 1932 ¹	Firnzuwachs vom 9. IX. 1932 bis 31. VIII. 1934 ¹	Bewegung 1931/32, horizon- tal gemessen ²	Bewegung 1931/32, vertikal gemessen ²	Wirkliche Weiter- bewegung des Rohrfußes 1931/32 ³	Eintrittswinkel der Stromlinien in der Firnober- fläche ³	Einsinken der Firnoberfläche 1931/32 ³
Nr. 1	1·12 m	gegen 2 m ²	0·8 m	2·4 m	2·5 m	40°	0·2 m
„ 2	3·65 „ ³	(Stange ganz eingetaucht)	2·0 „	3·2 „	3·8 „	60°	0·3 „
„ 3	0·80 „	1·9 m ⁴	2·5 „	2·2 „	3·3 „	25°	0·6 „
„ 4	2·57 „	(Stange ganz eingetaucht)	0·7 „	4·3 „	4·4 „	50°	1·2 „

¹ Dabei wurde die Verbiegung, bzw. Neigung der Stangen gegen die Horizontale nicht berücksichtigt; die Ungenauigkeit, die sich daraus ergibt, wird einigermaßen ausgeglichen dadurch, daß der Zuwachs nicht, wie es eigentlich richtig wäre, senkrecht zur Firnoberfläche gemessen wurde. — ² Beim Abstieg vom Sonnblick im Schneesturm am 31. VIII. 1934 wurde die Stange auf geringe Entfernung sichtbar; sie ragte schätzungsweise 1—1·5 m aus dem Firn; eine Nachmessung war unmöglich, da ich sieben Leute über den Gletscher zur Rojacherhütte in Sicherheit zu bringen hatte. — ³ Nach den von Steinhauser ([8], S. 46) mitgeteilten Schneepegelbeobachtungen war die Schneehöhe bei dem der Stange 2 benachbarten Pegel im Juli 1932 mit 4·7 m die höchste, die dort zwischen Herbst 1931 und Herbst 1932 zu beobachten war. Im September 1931 betrug die Schneehöhe 1·2 m, im Oktober 1·0, stieg dann bis Juli 1932 an und war im September 1932 1·8 m. Da der Firnzuwachs vom September 1931 bis September 1932 an dieser Stelle mit 3·65 m ermittelt wurde, läßt sich dort in eben diesem Zeitraum eine Abschmelzung von jedenfalls mehr als 3·1 m Schnee + Firn nachweisen. Summiert man den Firnzuwachs mit diesem Abschmelzungswert, dann darf man sagen, daß von September 1931 bis September 1932 in dem 2976 m hohen Sattel etwa 8—9 m Schnee gefallen sein müssen. Da die Schneegrenze auch in diesem Zeitabschnitt zweifellos recht hoch lag und der Sommer 1932 durch Schönwetter ausgezeichnet war, muß geschlossen werden, daß eine Schnee-

⁴ Gleicherweise ist die Schrägstellung der zur Bestimmung der Abschmelzung dienenden Stange im unteren Profil zu erklären.

menge von 8 bis 9 m im Sattel zwischen Goldbergspitz und Sonnblick noch immer unter dem Durchschnitt bleibt. — ⁴ Nach freundlicher Mitteilung des Beobachters der Gipfelstation, der über meine Bitte die Messung kurz nachher durchführte, ohne aber die Neuschneedecke abzurechnen. Der Wert ist also etwas zu groß. — ⁵ ± 20 v. H.!

Aus den in Tabelle 6 angeführten Zahlen erhellt, wie klein in den letzten Jahren der Firnzuwachs gewesen ist. Obwohl selbst Rohr 3, das von allen Rohren am weitesten gletscherabwärts gesetzt wurde, sich ja immer noch in den allerobersten Teilen des Gletschers befindet, betrug dort, in einer Höhe von etwa 2940 m, der jährliche Zuwachs von Firn in der Zeit von 1931 bis 1934 nur rund 0·8 m! Die Folge dieses geringen Zuwachses ist das Niedrigerwerden der Firnoberfläche, das besonders in Südexposition groß zu sein scheint (bei Rohr 4 1·2 m von 1931 bis 1932). Gegenüber den Geschwindigkeitswerten im oberen Profil sind die Zahlen der jährlichen Wanderung eines Schneeteilchens in der Firnmulde, sinnfällig gemacht durch die Bewegung der unteren Rohrenden, relativ groß. Aber es überwiegt dabei das Einsinken gegenüber der horizontalen Komponente. Man darf nicht übersehen, daß diese Geschwindigkeitswerte nur aus der obersten Schicht des Firns gewonnen sind: Hier an der Oberfläche kommt zu der allgemeinen Gletscherströmung noch das Zusammensetzen (= rasche Verdichtung) der jungen Firnmassen, das natürlich von den Rohren mitgemacht wird. Mit Sicherheit ist anzunehmen, daß die ermittelten Geschwindigkeitszahlen nur an der Oberfläche, nicht mehr aber in einiger Tiefe Geltung haben. Dort werden sie und auch das Gefälle der Stromlinien kleiner sein als in der Oberflächenschicht.

Der Haushalt des Goldberggletschers.

Aus dem ermittelten geringen Firnzuwachs, dem Einsinken der Firnoberfläche, aus dem ziemlich großen Betrag der Erniedrigung, bzw. der Abschmelzung der Eisoberfläche im Bereich des oberen Profils und schließlich aus der unmittelbaren Beobachtung, wie weit hinauf an der Gletscherstufe oberhalb dieses Profils das Eis im allgemeinen jährlich aper wurde, läßt sich die Durchschnittslage der Schneegrenze für den Zeitraum 1930 bis 1934 bestimmen (vgl. die Karte). Die Schneegrenze des Goldbergkeeses stellt gegenwärtig eine im obersten Abschnitt des Gletschers schräg ansteigende Linie dar, die im S am tiefsten, im N am höchsten liegt und deren mittlere Höhe bei rund 2900 m anzusetzen ist. Daraus ergibt sich, daß sich in der Beobachtungszeit das Areal des Nährgebietes des Gletschers zu dem seines Zehrgebietes wie 1 : 8 verhielt. Dabei ist selbst unter der Annahme, daß die Firnmulde an ihrem Grund stark rückgetieft sei, die Maximaltiefe der in ihr aufgestapelten Firnmassen im alleräußersten Falle auf 120 m zu schätzen, wahrscheinlich aber ist sie viel geringer, vermutlich nur etwa halb so groß, und noch wesentlich kleiner ist die Durchschnittsmächtigkeit des Firns zu veranschlagen.

Würde das Nährgebiet seine heutige Größe dauernd beibehalten, so könnte das Goldbergkees kaum die Länge von 1 km erreichen: seine Zunge würde die Gegend des oberen Profils nicht wesentlich überschreiten. Aus dieser Vorstellung heraus begreift man so recht den Zustand der Ermüdung, in dem sich der Gletscher befindet. In den letzten 80 Jahren wurde er fast dauernd kleiner: von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis heute hat das Goldbergkees nahezu ein Viertel seiner damaligen Ausdehnung eingebüßt; die Ursachen für

diese Erscheinung sind heute noch nicht geklärt, in erster Linie aber dürfte ein Temperaturanstieg dafür verantwortlich gemacht werden. Das geringe Ausmaß des Firnzuwachses in der Beobachtungszeit geht zweifellos auch auf die Niederschlagsarmut der letzten Winter zurück.

Die Einbeziehung der Gletscherstufe über dem oberen Profil in das Nährgebiet würde jedenfalls nicht ausreichen, einen Höchststand des Goldbergkeeses zu gewährleisten, wie er das letztmal um 1850 existierte (vgl. die Karte). Die damalige Ausdehnung des Gletschers verlangt die Annahme, daß der breite, flache Keesboden über dem oberen grupeten Kees durchwegs noch Firn aufspeicherte, also über der damaligen Schneegrenze lag, während heute dort, wie wir wissen, in den letzten Jahren eine durchschnittliche jährliche Abschmelzung von 1 m zu beobachten war. In der beigefügten Karte habe ich die ungefähre mittlere Lage der Schneegrenze um 1850 eingetragen. Einen sicheren Anhaltspunkt für ihre Lage gibt die aus jener Zeit stammende Moräne, die über dem linken Ufer des Gletschers (vgl. Bild 2) bis in die Gegend der Rojacherhütte, aber nicht weiter emporreicht. Unterhalb dieser Stelle also waren damals die Stromlinien des Eises — wie das für das Zehrgebiet kennzeichnend ist — gegen das Ufer gerichtet, während sie oberhalb vom Gehänge weg verliefen und den Schutt unter den Gletscher hinein verfrachteten. Aus der Gegend der Rojacherhütte zog die Schneegrenze in südlicher Richtung über den Gletscher, dann muß sie aber, der hier wesentlich ungünstigeren Exposition halber, in südöstliche, schließlich in östliche Richtung umgebogen sein und hat wohl in einer Höhe von etwa nur 2640 m die unterhalb der Windischscharte gelegenen Felsen und damit das rechte Gletscherufer erreicht. Die Areale des Nähr-, bzw. des Zehrgebietes, die die Schneegrenze um 1850 trennte, verhielten sich rund wie 1:1. Wie die Höhenlage der Ufermoräne südlich der Rojacherhütte erweist, befand sich dort die Gletscheroberfläche damals um rund 35 m höher als heute. Dieser Höhenunterschied dürfte im Bereich des oberen Profils noch etwas größer zu veranschlagen sein. Die schräg ansteigende Schneegrenze des Goldberggletschers lag demnach um 1850 im Mittel bei knapp 2700 m; sie ist seit damals um 200 m höher gelegt worden. Freilich ist dieses bedeutende Ansteigen wohl erst in der letzten Zeit erfolgt; die heutige Ausdehnung des Gletschers hat sich ihm noch nicht im entferntesten angepaßt und es würde — fortan gleichbleibende Lage der Schneegrenze vorausgesetzt — noch sehr lange¹ dauern, bis dieses Gleichgewicht erreicht wäre.

An dieser Stelle möchte ich einige Zahlen über die Ausdehnung, die Länge und die mittlere Höhe des Goldbergkeeses geben zur Jetztzeit, bzw. um die Mitte des vergangenen Jahrhunderts, also zur Zeit des letzten Gletscherhochstandes. Vom Goldbergkees, Kleinsonnblickkees und von dem Kees unter dem Nordgipfel des Altecks wurden zwei Isohypsenpläne entworfen, die den Verhältnissen von 1850, bzw. 1934 entsprechen. Für den Entwurf für 1934 ergab sich aus der Gegenüberstellung der aus dem Jahre 1909 stammenden, sehr genauen Karte von Wollen-Tschamler und den

¹ Schätzt man die Eismächtigkeit am unteren Profil zu 80 m (vgl. S. 21), am oberen zu 60 m und setzt man die dortigen Durchschnittsabschmelzungswerte von heute (1·5 m, bzw. 1 m) dazu in Beziehung, so würden rund 60 Jahre genügen, um selbst den oberen Keesboden vom Eise frei zu machen — stets die gegenwärtige außergewöhnlich hohe Lage der Schneegrenze als dauernd vorausgesetzt.

im Jahre 1934 gemessenen Profilhöhen eine Verminderung der Eismächtigkeit am oberen Profil von rund 10 m, am unteren von rund 15 m; dementsprechend wurde die Verringerung der Eismasse oberhalb des oberen Profils zu etwa 5 m, unterhalb des unteren Profils zu 15 bis 20 m angenommen. Für den Entwurf für 1850 wurde die Ufermoräne der damaligen Zeit zur Rekonstruktion des Isohypsenverlaufes herangezogen. So ergab sich gegenüber 1934 eine Erhöhung der Gletscheroberfläche um 40 bis 55 m unterhalb des oberen grupeten Keeses, oberhalb davon eine solche um 35 bis 50 m, während die Mächtigkeit des obersten Teiles des Gletschers um 30 bis 35 m größer als im Jahre 1934, die Mächtigkeit des Zungenteiles unterhalb des unteren grupeten Keeses auf etwa 40 m im Durchschnitt geschätzt wurde.

Die mittlere Höhe der Gletscheroberfläche wurde derart gewonnen, daß jeder Isohypsenplan in 100 m²-Felder eingeteilt, die mittlere Höhe jedes Feldes geschätzt und der Durchschnittswert berechnet wurde. Die Genauigkeit dieser Methode ist sehr groß und bei Vorhandensein guter großmaßstabiger Karten der sonst geübten Berechnung mit Hilfe der hypsographischen Kurve vorzuziehen. Das Kleinsonnblickkees wurde aus der Bestimmung der mittleren Höhe ausgeschieden, da sein Eiskörper um 1850 das Goldbergkees nur gerade noch berührte. Dagegen lieferte das Altecknordgipfelkar Eis bis tief in die Zunge des Goldberggletschers, wie das ja auch heute noch der Fall ist (vgl. S. 30). Die Werte der Oberflächenausdehnung wurden durch Planimetrierung gewonnen. Es ergaben sich folgende Zahlen:

	1850	1934
Oberfläche des Goldbergkeeses (ohne Kleinsonnblickkees und Altecknordgipfelkees)	2·701 km ²	2·017 km ²
Oberfläche des Kleinsonnblickkeeses	0·383 "	0·221 "
Oberfläche des Altecknordgipfelkeeses	0·152 "	0·075 " ¹
Oberfläche des Goldbergkeeses einschließlich des Kleinsonnblickkeeses und des Altecknordgipfelkeeses, im Jahre 1934 ohne Kleinsonnblickkees	3·236 "	2·120 "
Oberfläche des Neunerkeeses (für 1850 nicht rekonstruierbar) . . .	—	0·056 " ²
Mittlere Höhe der Oberfläche des Goldbergkeeses (mit Altecknordgipfelkees, aber ohne Kleinsonnblickkees)	2650 m	2680 m
Länge des Goldbergkeeses	3·55 km	2·85 km

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß das Goldbergkees von 1850 bis 1934 um ein Fünftel seiner ursprünglichen Länge zurückgegangen ist und daß — das Kleinsonnblickkees nicht berücksichtigt — seine Oberfläche in der gleichen Zeit um etwas mehr als ein Viertel kleiner geworden ist.

Der rechte Lappen des Kleinsonnblickkeeses ist auf Bild 2 (ganz rechts) zu sehen; etwas tiefer wie dieser reicht der linke Lappen nach abwärts. Bei diesem Gletscher haben sich zwischen 1909 und 1934 hauptsächlich die Verhältnisse im Karhintergrund geändert, wo steile Firnhalden weggeapert sind. Sowohl das Kleinsonnblickkees wie der Gletscher unter dem Altecknordgipfel lagen im Zeitraum 1930 bis 1934 zur Gänze tief unter der Schneegrenze.

Die Bestimmung der mittleren Höhe der Oberfläche des Goldbergkeeses, die hier, gegründet auf vorzügliches Kartenmaterial und einwandfrei zu be-

¹ 1934 ohne den westlichen Lappen unter der Windischscharte, der mit dem Goldbergkees und dem östlichen Lappen des Altecknordgipfelkeeses nicht mehr zusammenhängt.

² Diese Messung umfaßt nur die drei Eisschilde am Fuß des Neunerhanges als Reste des eigentlichen Neunerkeeses, während das Firndreieck am oberen Ende der Wintergasse und der kleine Eiskuchen im Neuner Bolfach unberücksichtigt blieben.

werkstelligende Rekonstruktionen, durchgeführt worden ist, gestattet eine interessante Feststellung, auf die kurz eingegangen werden soll. Nach K u r o w s k i¹ ist die mittlere Höhe der Oberfläche eines Gletschers seiner Schneegrenze gleichzusetzen. Das hieße, bezogen auf das Goldbergkees, daß die gegenwärtige Ausdehnung und Höhenlage seiner Oberfläche eine nur um 30 m höher gelegene Schneegrenze voraussetzen würden als die entsprechenden Ausmaße des Gletschers um 1850, natürlich stets unter der für die Diskussion der Formel notwendigen Annahme, daß — was in Wirklichkeit nicht zutrifft — der jetzige Zustand des Gletschers ein wenigstens annähernd stationärer sei. Ein solch geringer Wert der Schneegrenzenhebung erscheint in Anbetracht der Tatsache, daß der Gletscher in dieser Zeit mehr als ein Viertel seiner Ausdehnung eingebüßt hat, von vornherein durchaus unwahrscheinlich. Überdies lehrt ein Blick auf die Karte, daß die Hebung der Schneegrenze von 2650 auf 2680 m sich bei unserem Gletscher im Bereich des steilen oberen grupeten Keeses² abspielen würde; mit anderen Worten: Das Verhältnis in den Arealen Nährgebiet—Zehrgebiet hätte sich so gut wie gar nicht geändert, so daß gerade das Goldbergkees durch eine Verschiebung der Schneegrenze zwischen den nach K u r o w s k i errechneten Werten kaum hätte beeinflußt werden können. Ich schätze, daß der gegenwärtigen Lage des Zungenendes des Goldbergkeeses, wenn es dauernd dort fixiert bliebe, eine Schneegrenzenhebung gegenüber 1850 von etwa 70 bis 80 m entspräche.

Die Formel K u r o w s k i's: Schneegrenze eines Gletschers = die mittlere Höhe seiner Oberfläche, setzt bekanntlich voraus, daß die Menge des schneeigen Niederschlages genau proportional der Höhe zunimmt und die Intensität der Abschmelzung ebenso abnimmt. Die Schneepegelablesungen und die gewonnenen Abschmelzungswerte erweisen schon, daß dies beim Goldbergkees mit seiner komplizierten Gefällskurve keineswegs der Fall ist; es ist diese Voraussetzung aber auch bei einfacher entwickelten Gletschern nicht gegeben. Eine zweite für die Stützung der diskutierten Formel notwendige Bedingung ist, daß die Exposition des Gletschers von seinem Ursprung bis zu seinem Ende die gleiche bleibt. Auch das ist häufig nicht der Fall, schon gar nicht beim Goldbergkees, dessen Längsachse eine Drehung um mehr als 90° erfährt.

Die Einheiten des Goldberg- und des Wurtenskees.

Bild 1 läßt erkennen, daß über dem rechten (im Bilde linken) Zungenlappen des Goldbergkeeses eine kurze Mittelmoräne auftritt, deren Blockwerk weiter abwärts in die Spalten des unteren grupeten Keeses stürzt, unterhalb davon jedoch wieder zum Vorschein kommt und am Zungenlappen etwas schräg gegen den Eisrand hinab führt. Geht man an diesen Teil der Zunge im Gletschervorfeld etwas näher heran, so kann man recht gut beobachten, wie die Eisbänder, die sich vom rechten Gletscherrand loslösen, schräg gegen die Eisbrüche hinabziehen, in deren Bereich ziemlich spitz umbiegen und, wieder nach rückwärts verlaufend, sich der Mittelmoräne anschmiegen. Auf der anderen, der Nordwestseite der Moräne ist das Spiegelbild dazu sichtbar, doch

¹ L. Kurowski, Die Höhe der Schneegrenze mit besonderer Berücksichtigung der Finsteraarhorngruppe. Geographische Abhandlungen, Bd. V, Heft 1, S. 124, Wien 1891.

² Man berücksichtige bei dieser Überlegung die gegenüber der Gegenwart etwas gegen Osten verschobenen Schichtenlinien von 1850.

bauchen sich die Eisbänder hier viel flacher aus und ziehen erst über dem linken Lappen nach rückwärts zum anderen Talhang. Ich habe die Schmutzstreifen (Ogiven), die den Verlauf der Eisbänder an der Keesoberfläche bezeichnen, in die Karte eingetragen. Die erwähnte Mittelmoräne, deren Herkunft von den das Kar unter dem Alteck-Nordgipfel abschließenden Felsen (ungefähr von Kote 2543'4 der Karte von Wollen-Tschamler) zweifellos ist, trennt zwei verschiedene Gletscher„einheiten“: Das eigentliche Goldbergkees im NW der Mittelmoräne preßt die Eismasse, die aus jenem Kar antritt, an den rechten Hang.

In ähnlicher Weise läßt sich bei der Betrachtung der Stirn des Wurtenkees links und rechts von seiner prächtigen Mittelmoräne je ein Ogivenbogen beobachten. Hier wird allerdings die Erscheinung zweier Gletschereinheiten noch augenscheinlicher durch das an ihrer Naht emporgepreßte Grundmoränenmaterial, das die Mittelmoräne bildet. Überschaut man, von der Zirknitzscharte absteigend, den breiten oberen Teil der Wurtenkeeszunge östlich der Mittelmoräne, so sieht man die Ogiven in breitem Bogen, nur hier und da leicht gewellt, über die Eisoberfläche hinwegziehen, doch weichen die Schmutzstreifen gletscheraufwärts zurück, ehe sie das linke Ufer des Keeses gewinnen. Hier schmiegt sich eine Zone von hellerem Eis an den Gletscherrand an, die jedoch zungenabwärts bald auskeilt; es scheint, daß sie eine dritte Einheit des Gletschers vorstellt, die aber seine Stirn nicht mehr erreicht. Man gewinnt den Eindruck, daß der Ursprung dieses Eisstreifens in einem unter den Firnmassen des obersten Wurtenkeeses verborgenen, wohl ziemlich selbständigen Kar am Nordwestfuß des Weinflaschenkopfs (3006 m) zu suchen ist.

Der Verlauf der Eisbänder am Goldbergkees und am Wurtenkees weist (entgegen den Anschauungen Philipps und Hamburgs) darauf hin, daß die Bänder aus Firnschichten hervorgehen. Auch die Beobachtung, daß die in den Spalten der Westhälfte des oberen grupeten Keeses sichtbar werdenden Bänder leicht verbogen, bisweilen sogar in steilere Falten gelegt sind, spricht für diese Auffassung.

Die alten Stände und Moränen der Gletscher der Sonnblickgruppe.

Beiträge zur Kenntnis der alten Gletscherstände in der Sonnblickgruppe haben Penck [1] und Kinzl [2, 3] geliefert. Eine kurze Zusammenfassung dessen, was über das Verhalten des Goldberggletschers seit der Mitte des 19. Jahrhunderts bekannt ist, besagt etwa folgendes: Bis 1880 wich der Gletscher nur sehr langsam zurück, und zwar die Mitte der Zungenstirn um etwa 150 bis 200 m; in den achtziger Jahren beschleunigte sich der Rückgang und in dieser Zeitspanne wurde das Gletscherende im Durchschnitt um 150 m zurückverlegt; von 1892 bis 1896 betrug der Rückgang sogar 20 m pro Jahr (vgl. [1], S. 56/57), verlangsamte sich aber sodann und gegen 1900 trat fast völliger Stillstand der Gletscherstirn ein (vgl. [2], S. 13/14). Darauf folgte ein rascher Rückzug, der später wieder erlahmte und gegen 1917 einem sehr mäßigen Vorstoß Platz machte; im nächsten Dezennium wich der Eisrand nur etwa 10 m zurück. Der kleine Vorstoß von oder knapp vor 1917 und der Stillstand 1917 bis 1927 werden durch einen Moränenwall vor dem rechten Zungenlappen angedeutet (vgl. die Karte und Bild 1). Seit dieser Zeit ist der Gletscher wieder rascher zu-

rückgegangen; in dem Raum zwischen der erwähnten Moräne und dem Rand des rechten Zungenlappens ziehen einige ganz schmale und niedrige Schuttwälle dahin, die Winterständen des Eises entsprechen (vgl. [6]); sie sind in die beigegefügte Karte eingetragen. Zu dieser Karte ist noch zu bemerken, daß in ihr für die Zeit von 1850 bis zur Gegenwart nur Moränen mit vollem Strich ausgezogen erscheinen, während die durch keinen zugehörigen Schuttwall gekennzeichneten Gletscherstirnlagen durch andere (unterbrochene) Linien dargestellt sind. Bei der Einzeichnung der Eisrandlage von 1896 wurde auf das Kärtchen von Penck und Forster ([1], Beilage) zurückgegriffen; in ihm sind außer der im Gelände klar hervortretenden Endmoräne der Mitte des 19. Jahrhunderts noch einige ältere Moränen eingezeichnet, die Penck im Text näher beschreibt. Von Kinzl [3] wurden gleichfalls zwei Wälle, deren Entstehungszeit vor 1850 fällt, angeführt.

Westlich des Knappenhauses verläuft wenige Meter außerhalb der sehr mäßig bewachsenen 1850er Moräne ein niedriger, meist nur 1 m hoher Wall, fast ganz von Graswuchs verhüllt (vgl. die Karte und Bild 1); er ist auch östlich des Punktes, an dem der Gletscherbach die 1850er Moräne quert, vorhanden, zunächst eng an diese angeschmiegt, weiterhin sich in einem Bogen von ihr ablösend; hier liegt zwischen den beiden in Rede stehenden Wällen noch ein dritter (vgl. [1], S. 58).¹

Kinzl [3] hält den nur wenig außerhalb der Moräne von 1850 liegenden verwachsenen, niedrigen Wall für die Moräne eines 1820er Standes. Berücksichtigt man aber den gewaltigen Unterschied in der Bewachsung dieser und der angeblich nur um 30 Jahre jüngeren Moräne und gleichzeitig die ebenso einfach zu beobachtende Tatsache, daß die Vegetation der 1850er Moräne und die jener Teile des Gletschervorfeldes, die erst um 1900 eisfrei geworden sind, ziemlich die gleiche ist, dann muß man die Deutung Kinzls ablehnen. Der äußere Wall ist höchstwahrscheinlich die Endmoräne jenes Hochstandes, der an den Beginn des 17. Jahrhunderts zu setzen ist. Die Möglichkeit, daß es sich um einen noch älteren Gletschervorstoß handelt, ist freilich nicht ganz von der Hand zu weisen, doch spricht ein Umstand, der gleich erwähnt werden soll, dafür, daß der Gletscherstand im 17. Jahrhundert nicht kleiner war als der von 1850, so daß also die diesen beiden Ständen zugehörigen Moränen in jener gegenseitigen Stellung zu erwarten sind, in der sie tatsächlich beobachtet werden. Das Mundloch des Bartholomeistollens nämlich, der vermutlich im Verlauf des 15. Jahrhunderts am Fuß des damals jedenfalls eisfreien Neunerhanges² angetrieben worden ist (vgl. die Karte), war nach dem alten Zugbuch L. Waldners ([7], S. 9/10) im Jahre 1570 bereits von einer 20 m dicken Eisschicht bedeckt. Nachher war der Gletscher mindestens noch 30 Jahre im Anwachsen begriffen, muß also demzufolge wohl das Ausmaß des 1850er Standes erreicht und sogar

¹ Von dieser Stelle bis zu den Schrofen unterhalb des Knies der alten Förderbahntrasse habe ich den grasbedeckten älteren Wall als ständig getrennt von der noch recht frischen 1850er Moräne in die Karte eingetragen. Zufolge einer Lücke in meinen Aufzeichnungen ist die Darstellung auf dieser Strecke aber nur nach der Erinnerung erfolgt. Es wäre möglich, daß der äußere Wall hier jener von 1850 ist.

² Das Stollenmundloch ist trotz des fast völligen Verschwindens des Neunerkeeses gegenwärtig nicht sichtbar, sondern von Moränenmassen bedeckt — in einer Mächtigkeit von mehr als 10 m, wenn Pošepnys Rekonstruktion der Höhenlage des Mundloches nach dem Waldnerschen Zugbuch richtig ist.

überschritten haben. Man weiß übrigens auch von anderen Gletschern, daß der Vorstoß nach 1600 besonders groß war.

Der Gletscherstand von 1820 dürfte beim Goldbergkees an Ausdehnung hinter dem Stand von 1850 nur wenig zurückgeblieben sein. Nach den von Penck ([1], S. 58) angeführten Quellen ist übrigens anzunehmen, daß die Ausdehnung des Gletschers in der ganzen ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts sehr beträchtlich war. Dies ist insofern von Wichtigkeit, als daraus erhellt, daß für damals mit einer ziemlich ruhigen Lage der Schneegrenze während längerer Zeit zu rechnen ist. Sie dürfte sich ja wohl auch noch geraume Zeit nach 1850 wenig geändert haben, da bekanntlich der Rückgang des Gletschers zunächst sehr langsam erfolgte. Der Bestimmung der damaligen Höhenlage der Schneegrenze auf dem Goldbergkees, die (s. S. 27) zu etwas über 2700 m gefunden wurde, kommt daher hier wie bei allen anderen Gletschern besondere Bedeutung zu, insbesondere für den Vergleich mit eiszeitlichen Schneegrenzwerten. Wenn wir vom Höhenunterschied irgendeiner stadialen und der „gegenwärtigen“ Schneegrenze sprechen, so denken wir dabei immer an die Schneegrenze, der der letzte Hochstand des Gletschers entspricht.¹

Diese Feststellung enthebt uns aber keineswegs der Verpflichtung, die Lage der Schneegrenze in der Gegenwart — zunächst bei einigen zum wechselseitigen Vergleich brauchbaren Gletschern — Jahr für Jahr durch unmittelbare Beobachtung (an im Firnfeld ausgesetzten Stahlstangen, womit der Verfasser im Sommer 1935 begonnen hat) exakt zu bestimmen. Es ist hoch an der Zeit daranzugehen, den klimatologisch so sehr aufschlußreichen Wert der Schneegrenze ebenso zu erfassen wie Niederschlag, Temperatur und andere Elemente der Witterung; erst die Gewinnung einer langjährigen Beobachtungsreihe wird gestatten, Genaueres über die sogenannte „heutige Schneegrenze“ auszusagen. Trotz seiner eigenartigen, zum Vergleich mit anderen Gletschern nicht recht geeigneten Form ist besonders beim Goldbergkees die Bestimmung der jährlichen Schneegrenzenlage äußerst wünschenswert, da gerade hier das gewonnene Ergebnis mit einer ganzen Reihe meteorologischer Daten der unmittelbar benachbarten Hochgebirgsstation in engste Beziehung gebracht werden kann und da ein glücklicher Zufall in der Gestaltung der Oberflächenverhältnisse eben dieses Gletschers es erlaubt, Abschmelzung, bzw. Zutrag durch eine einfache Profilmessung hinreichend genau gerade in jenem Raum festzustellen, der zwischen der dem letzten Hochstande entsprechenden Schneegrenze und der extrem hoch gelegenen Schneegrenze der letzten Jahre liegt.

Wir kehren zur Geschichte des Goldbergkeeses zurück; Kinzl [3] hat mehrfache Gründe beigebracht für die Annahme, daß in der Zeit vor 1600 die Gletscher der Ostalpen keine so bedeutenden Hochstände wie später im 17. und im 19. Jahrhundert und überhaupt eine geringere Ausdehnung besessen hätten. Es wäre an sich nicht ausgeschlossen, daß der Raum zwischen unterem und oberem grupeten Kees, worauf der zweite Name des Gletschers: Vogelmeier-Ochsenkar-Kees zunächst hindeuten scheint, im 15. Jahrhundert, wie Penck ([1], S. 59) meint, als Ochsenweide gedient hat.² Aller-

¹ So spricht z. B. Kinzl ([3], S. 119) von einer „Herabdrückung der Schneegrenze“ seines Eggessenstadiums „um annähernd 100—120 m gegenüber heute“ und meint damit wohl: gegenüber dem Hochstand um die Mitte des 19. Jahrhunderts.

² Sofern dieser Boden nicht allerorten rückgetieft (vgl. S. 14) ist, so daß er nach dem Schwinden des Eises ganz oder teilweise von einem See bedeckt wird.

dings müßte dabei ein mindestens 200 Jahre währender außerordentlicher Tiefstand des Gletschers vorausgesetzt werden, sonst wäre dort mit der Entwicklung einer weidewürdigen Rasendecke nicht zu rechnen. Ich bezweifle aber, daß damals oder vorher in der Rauris solcher Viehreichtum vorhanden war, daß man so hochgelegene Weiden — sei es auch nur mit Galtvieh — hätte beziehen müssen. Den Namen Ochsenkarkees hat die Bevölkerung wahrscheinlich wegen der Ebenheit des unteren Gletscherabschnittes erfunden, so wie etwa der Name der „Übergossenen Alm“ auch nur die auffallende Ebenheit der verfirnten Fläche auf dem Hochkönig bezeichnen soll. Wie weit das Goldbergkees vor und nach dem 17. Jahrhundert in der Tat zurückgewichen ist, wissen wir nicht. Die Mündung des früher erwähnten Bartholomeistollens würde heute wohl zutage liegen, wenn die große, bis unweit des Knappenhauses reichende und zum guten Teil auf Toteis aufruhende Mittelmoräne nicht infolge des Haldenschuttes, der dort vom Eis mittransportiert wurde, so mächtig entwickelt wäre. Man braucht also durchaus nicht anzunehmen, daß das Gletscherende, d. h. der Rand des blanken Eises zur Zeit jenes Stollenantriebes wesentlich weiter zurücklag als heute. Auch der von Pošepny ([7], S. 10) 1875 gemachte Fund zweier mit den Jahreszahlen 1562 und 1564 versehenen Stollenhölzer an einem alten Verhau über dem linken Gletscherrand beweist natürlich nicht, daß der Gletscher zu jener Zeit kleiner gewesen wäre als heute, ganz abgesehen davon, daß die ungefähr zur selben Zeit eingetretene Vereisung des Bartholomeistollen-Mundloches dem bereits widerspräche. Ebensowenig besagen die gelegentlich auf oder vor dem Gletscher gefundenen Grubenhölzer etwas in dieser Richtung, da es ja hoch über dem Kees, besonders im Bereich des Neuner Bolfach genug alte Baue gegeben hat, deren Material demnach von oben her auf den Gletscher und in seine Spalten gelangen konnte. Es läßt sich daher nicht mit Sicherheit angeben, ob das Goldbergkees im Verlauf des letzten Halbjahrtausends jemals kleiner war als heute.

Penck beschreibt ([1], S. 58 f.) einen Wall von riesigen Gneisblöcken nordwestlich vom Knappenhaus, 50 m vor der 1850er Moräne und ebenso hoch über ihr gelegen, und macht darauf aufmerksam, daß die Fortsetzung dieser alten Moräne von den Schutthalden des Bergwerkes überdeckt werde; ihr Alter lasse sich nicht bestimmen, die Moräne sei „geologisch gesprochen, rezent. Ihr dürften die Trümmerwälle entsprechen, welche 300 m westlich vom Radhause liegen, ebenso weit entfernt von der Endmoräne des letzten Hochstandes“.¹ Kinzl erwähnt ([3], S. 98) diese Blockmoräne ebenfalls: sie sei von der 1850er Moräne rund 30 bis 40 m entfernt und etwa 10 m höher gelegen als jene. In der Tat ist die Höhenangabe Pencks irrig. Über die Moräne westlich des Radhauses verlautet in der Darstellung Kinzls nichts.

Blickt man von dem über dem Knie der alten Förderbahntrasse gelegenen Fixpunkt 2369'5 (der Karte von Wollen-Tschamler) über das Gletschervorfeld, so sieht man, daß nordwestlich des Knappenhauses zwischen der 1850er Moräne und der Trasse außer dem verwachsenen, aus dem 17. Jahrhundert stammenden Wall nicht eine, sondern zwei Blockreihen verlaufen; in Bild 1 sind sie mit c und d bezeichnet.

¹ Diese Trümmerwälle sind in dem Kärtchen Pencks nur ihrer allgemeinen Lage nach richtig eingetragen.

Bild 3 zeigt die Blockwälle westlich des Radhauses; sie liegen auf der das Gletschervorfeld nach N abschließenden Kuppe und werden von dem Anstieg zur Rojacherhütte berührt. Wie die beiden oben erwähnten Blockreihen in der Nähe des Knappenhauses sind auch diese Moränen von ganz eigenartigem Habitus: feineres Material ist nur dort vorhanden, wo die Wälle zurückgebogen sind (vgl. Bild 3), im allgemeinen herrschen durchwegs sehr große Gneisblöcke vor; manchmal setzen die Blockreihen ganz aus und beginnen dann wieder unvermittelt. Immerhin ist es möglich, auf der Kuppe westlich des Radhauses vier Eisrandlagen zu rekonstruieren; der äußerste Blockwall ist von der 1850er Endmoräne 200 m entfernt und liegt um rund 35 m höher als der Punkt, an dem jene vom Gletscherbach zerschnitten wird. Beim Knappenhaus ist der Höhenunterschied zwischen der äußeren der beiden Blockreihen und der 1850er Moräne geringer, aber die Beobachtung, daß auch hier die Wälle bisweilen ganz aussetzen und fast nur von sehr großen Blöcken gebildet werden, zwingt zu der Annahme, daß diese Blockreihen und jene westlich des Radhauses zusammengehören — eine Anschauung, der, wie erwähnt, ja schon Penck vor langer Zeit Ausdruck verliehen hat.

Zwischen dem Vorkommen nordwestlich des Knappenhauses und jenem westlich des Radhauses fehlt zwar eine Verbindung,¹ doch läßt sich in dem Zwischenraum die Lage des damaligen Eisrandes unschwer rekonstruieren (vgl. die Karte): jedenfalls muß der Gletscher zur Zeit der Entstehung des äußersten Walles mit spitzer Zunge in die Schlucht des Gletscherbaches hineingereicht haben und auch östlich des Radhauses hat sich wohl ein kleiner Lappen bis etwa 2100 m abwärts erstreckt. Von hier habe ich den Gletscherrand in südlicher Richtung verlaufend eingetragen gegen jene Schrofen unterhalb des Bremshauses, die den Eindruck erwecken, als sei hier der Hang vom Eise unterschritten worden. Aber es kann sich bei diesem alten Gletscherstand nur um einen kurz dauernden Halt, bzw. um mehrere solche Halte gehandelt haben, das beweisen die spärlichen Blöcke und das schütterere Aussehen jener Moränen. Kinzl ([3], S. 109) führt gerade diese Ausbildung der Schuttwälle als ein Charakteristikum der sogenannten „Fernaumoräne“² an, zu der er die von ihm beschriebene Blockreihe nordwestlich des Knappenhauses auch wirklich rechnet; er stellt diese von ihm an zahlreichen Ostalpengletschern verfolgte Fernamoräne ins 17. Jahrhundert. Zunächst hier beim Goldbergkees ist diese Datierung jedenfalls nicht möglich, denn wir haben gesehen, daß die unmittelbar außerhalb des 1850er Walles verlaufende, stark bewachsene Altmoräne aus dem 17. Jahrhundert stammt — sie könnte allenfalls älter, nicht aber jünger sein. Zudem ist klar ersichtlich, daß die Blockreihen, deren Alter festgestellt werden soll, unter den Halden des Bergwerks verschwinden, also zweifellos sehr alt sind; auch weiß die Überlieferung nichts von einem einstigen Gletscherstand, bei dem das Zungenende die Stufenkante im N des Gletschervorfeldes überschritten hätte: Damals muß ja das Gletscherende vom Talgrund der Rauris

¹ Es ist bezeichnend, daß im Bereich des damaligen Eisrandes auf mäßig geböschten Flächen das Blockmaterial der Moräne vorhanden ist, dazwischen aber (besonders am Abfall der Stufe) fehlt.

² Der Name wurde von Kinzl nach der „Ferna“ gewählt, womit in den Stubai Alpen häufig das Gletschervorfeld bezeichnet wird.

aus sichtbar gewesen sein. Wenn auch eine nähere Bestimmung unmöglich erscheint, so darf doch gesagt werden, daß der alte Gletscherstand beim Radhaus älter ist als der Bergbau — sehr wahrscheinlich ist er prähistorisch.

Werfen wir noch einen kurzen Blick auf die Geschichte des Kleinfleiß- und des Wurtenkeeses (vgl. dazu Penck, [1], S. 60, und Kinzl, [2], S. 16). 1850 war der Stufenabfall im Hintergrund der Kleinen Fleiß noch vom Gletscher überflossen; am Fuße der Stufe finden sich unbewachsene Moränen aus dieser Zeit. 20 Jahre später war, wie aus der Originalaufnahme (1871) hervorgeht, der Steilhang eisfrei geworden. In den drei darauffolgenden Dezennien verlor das Zungenende an Mächtigkeit und Breitenausdehnung, ohne aber kürzer zu werden. Gegen 1900 trat in dieser Entwicklung ein kurzer Stillstand ein und von 1902 bis 1926 wurde die Zunge wieder um einige Meter breiter (über die einzelnen Jahre wissen wir fast nichts). Von 1926 bis 1933 verschmälerte sie sich abermals. Das Ende der Zunge liegt aber noch heute im wesentlichen dort, wo es sich schon 1870 befand, nämlich an der rund 2500 m hohen Oberkante der Stufe.

Kinzl ([3], S. 99) erwähnt, daß nicht sehr weit von den unbewachsenen Moränen des Kleinfleißkeeses beiderseits des Baches noch grüne Wälle zu sehen sind. Daraus, daß — wie Penck ([1], S. 60) berichtet — nach der Aufnahme von 1834 das Ende des Gletschers damals „fast 300 m weiter abwärts, bis unter 2400 m Höhe“ reichte, schließt Kinzl, daß man diese Moräne einem Gletscherstand von 1820 zurechnen dürfe. Aber nach der im Jahre 1930 erfolgten Neuaufnahme liegt der Fuß der Felsstufe, an den sich erst die langen unbewachsenen Halden der 1850er Moräne anschließen, nur 2320 bis 2360 m hoch und eine vom heutigen Gletscherende 300 m weit reichende Messung führt mitten in jene Halden. Die Aufnahme von 1834 besagt also nur das eine, daß der Gletscher anderthalb Dezennien vor dem Hochstand keine wesentlich kleinere Ausdehnung besaß als um 1850. Im übrigen weist hier wie im Vorfeld des Goldberggletschers der sehr große Unterschied in der Bewachsung der Moränen ganz klar darauf hin, daß die begrüneten Wälle unterhalb der 1850er Moräne nicht um 1820, sondern nur viel früher abgelagert worden sein können. Es handelt sich vermutlich auch hier um Zeugen des Hochstandes im 17. Jahrhundert.

In das sich abwärts trichterartig verengende Vorfeld des Wurtenkeeses senken sich vom rechten Talhang zwei Schuttkegel herab; vom Felssockel des südlichen der beiden Kegel führt die 1850er Moräne des Gletschers über die hier schon recht schmale Sandrfläche hinüber zum linken Gehänge (vgl. Bild 4 und 5). Von hier¹ zog sich das Eis in der gesamten zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts nur um 60 m zurück. Eine sorgfältige Zusammenstellung der bisherigen Markenmessungen durch Kinzl ([2], S. 15) gestattet es, den weiteren Rückgang zu verfolgen. Um 1900 trat ein ganz kurzer Stillstand ein, dann ging der Gletscher wieder zurück, bis 1917 um rund 100 m; etwa 25 m vor der Linie, die der Eisrand damals beschrieb, liegt eine niedrige Moräne, die einen Halt oder bescheidenen Vorstoß vor 1917 andeutet. Von 1917 bis 1924 wich die Zunge des Wurtenkeeses bloß 10 m

¹ Unterhalb der 1850er Moräne ist kein älterer Wall zu beobachten, worauf schon Penck ([1], S. 62) aufmerksam gemacht hat.

zurück, der Gletscher war also so gut wie stationär, danach aber folgte bis 1933 ein Rückgang von nahezu 100 m.¹

Bei allen drei beobachteten Gletschern zeigten sich also in dem ganz allgemein und lange andauernden Rückzug recht übereinstimmend ein kurzer Stillstand um 1900 und weiters gegen 1917 ein Vorstoß mit darauffolgendem längeren Stillstand. Aber die Ausmaße des Rückzuges sind, worauf bereits P e n c k ([1], S. 62 f.) hinweist, im Lauf der Zeit bei jedem der drei Gletscher recht verschieden, insbesondere verhalten sich Kleinfleißkees und Wurtenkees in dieser Hinsicht ganz entgegengesetzt. Es ist begreiflich, daß die untersten Teile der Fleißkeeszunge, die nur als eine dünne Eishaut die noch dazu gegen SW exponierte Steilstufe bedeckten, rasch zerstört werden konnten, während die nunmehr über den Stufenabfall sehr hoch (bis 2500 m!) zurückgeschmolzene Stirn lange in dieser Lage auszuharren imstande ist, mag auch der allgemeine Verfall des Gletschers weiterhin anhalten. Umgekehrt vermochte die Zunge des Wurtenkeeses, da sie tief in einen überdies gegen Südwestbestrahlung ausgezeichnet abgeschirmten Trichter hineinreicht, der einen Rückzug bedingenden Klimaänderung lange Zeit zu trotzen: erst in dem allmählich fortschreitenden Eisfreiwerden dieses Trichters war die notwendige Voraussetzung zu rascherem Rückgang des Gletschers gegeben.

Eine gute Übersicht über das Ausmaß der Besonnung, das den Zungenenden der drei Gletscher (und zwar bei ihrer Lage um 1896) zu den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten zuteil wird, geben die Diagramme „Bergprofile und Sonnenbahnen“, die seinerzeit Machatschek ([9], Tafel 1—3) entworfen hat.

Vom Wurtenkees mögen hier noch zwei interessante Beobachtungen wiedergegeben werden. Zunächst die eine, daß an seinem Zungenende häufig Blöcke aus schneeweißem Angertaler Marmor ausschmelzen. Dieses der Tauernschieferhülle zugehörige Gestein steht — soweit bekannt ist — nirgends an der Felsumrahmung des Wurtenkeeses an, muß also aus dem Untergrund des Gletschers stammen; so gestattet diese Beobachtung nicht nur Schlüsse hinsichtlich der Tektonik des Gebietes, sondern stellt auch ein vorzügliches Beispiel für die Beanspruchung des Felsbodens durch den darüber hinwegbewegten Gletscher dar.

Eine andere bemerkenswerte Erscheinung ist in Bild 4 festgehalten. Das dem Beschauer zugekehrte ostnordostexponierte Kar unter dem Weißseekopf ist heute so gut wie eisfrei. Um 1850, ja sogar noch zur Zeit der Originalaufnahme (1871) war es zur Gänze von einem immerhin $\frac{1}{2}$ km langen Gletscher bedeckt; von seiner Endmoräne stürzten Blöcke über die darunter befindlichen Felshänge hinab und bauten die beiden großen Schuttkegel am Westsaum des Vorfeldtrichters des Wurtenkeeses auf. Man kann deutlich erkennen, wie die Zunge des Wurtenkeeses zu jener Zeit die beiden Schuttkegel unterschritten hat, während diese gleichzeitig von oben, vom Kargletscher her, mit Moränenschutt beliefert wurden. Die auffällige Linie der Unterschneidung, nur zum Teil durch späteres Schuttrieseln verwischt, ist bis dorthin zu verfolgen, wo die 1850er Stirnmoräne des Wurtenkeeses den Sandr des Vorfeldes quert. An den Fuß des nördlichen Schuttkegels lehnt sich die Ufermoräne von 1900.

¹ Nach der Neuaufnahme beträgt der gesamte Gletscherrückgang seit 1850 rund 350 m, während die (beim Wurtenkees gezwungenermaßen oft schräg erfolgenden) Markenmessungen zusammen nur 270 m ergeben.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die Zungen des Goldberg-, des Wurten- und des Kleinfleißkeeses sind im Beobachtungszeitraum (1930 bis 1934) dauernd zurückgegangen.

Die Verfolgung der beiden Goldbergkeesprofile zeitigte eine wesentlich richtigere Vorstellung vom klimatischen Wert des Beobachtungszeitraumes als die Markenmessung am Zungenende.

Die Horizontalität oder nur sehr geringe Böschung des Goldberggletschers im Bereich der Profillinien und die geringe Geschwindigkeit des Keeses ermöglichten eine einfache Bestimmung der Abschmelzung der Eisoberfläche, deren durchschnittlicher Wert 1930 bis 1934 in einer Höhe von 2480 zu 1·5 m, in einer Höhe von 2710 zu 1·0 m pro Jahr gefunden wurde.

Im Stromstrich bewegte sich die Eisoberfläche des Goldbergkeeses maximal 7·1 m pro Jahr im unteren Profil, im oberen nur 2·1 m abwärts. Im Zusammenhang mit der Verringerung der Eismächtigkeit wurde die Geschwindigkeit von Jahr zu Jahr rasch kleiner.

Der Firnzuwachs war sehr klein und beschränkte sich im Beobachtungszeitraum auf die allerobersten Teile des Goldbergkeeses. Die Schneegrenze lag in dieser Zeit 2900 m hoch. Für den Hochstand des Goldberggletschers um 1850 wurde eine Schneegrenzlage von 2700 m ermittelt. Das Verfahren K u r o w s k i s zur Bestimmung der Schneegrenze ergab unbrauchbare Werte.

Die Verfolgung der Eisbänder gestattete, beim Wurten- und beim Goldbergkees mehrere Gletschereinheiten auseinanderzuhalten.

Einwandfreie Beweise dafür, daß das Goldbergkees im letzten Halbjahrtausend jemals kleiner gewesen wäre als heute, fehlen.

Das Studium der alten Moränen in den Vorfeldern der Gletscherzungen führte dazu, die von Kinzl dem Stande von 1820 zugerechnete Altmoräne dem Höchststand im 17. Jahrhundert zuzuweisen und die dem „Fernau“-Stadium entsprechende Moräne als nicht dem 17. Jahrhundert zugehörig, sondern für viel älter, sehr wahrscheinlich sogar für prähistorisch anzusehen.

Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung sind in der beigegeführten Karte festgehalten.

Schrifttum über die Gletscher der Sonnblickgruppe.

[1] A. Penck, Gletscherstudien im Sonnblickgebiete, Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereines, 1897, S. 52—71.

[2] H. Kinzl, Die Gletscher der Sonnblickgruppe in den Jahren 1896—1928, XXXVII. Jahresbericht des Sonnblick-Vereines, 1928, S. 12—18. (Mit Angaben sämtlicher Berichte aus der Zeit von 1900 bis 1929.)

[3] H. Kinzl, Beiträge zur Geschichte der Gletscherschwankungen in den Ostalpen, VIII. Sonnblickgruppe, Zeitschrift für Gletscherkunde, Bd. 17, 1929, S. 98/99.

[4] W. Hacker, Vorläufiger Bericht über die Gletscher- und Seenuntersuchungen in der Goldberggruppe im Sommer 1930, XXXIX. Jahresbericht des Sonnblick-Vereines, 1930, S. 25—27.

[5] H. Kinzl, Gletschermessungen in der Sonnblickgruppe im Sommer 1930, Zeitschrift für Gletscherkunde, Bd. 19, 1931, S. 147/148.

[6] W. Heissel und H. Hanke, Gletschermessungen in der Sonnblickgruppe im Sommer 1932, Zeitschrift für Gletscherkunde, Bd. 21, 1933, S. 179/180.

[7] Die Bergbauverhältnisse im Goldberggebiete, nach F. Pošepny, XXIII. Jahresbericht des Sonnblick-Vereines, 1914, S. 5—11.

[8] F. Steinhauser, Schneehöhenmessungen am Sonnblick und im Sonnblickgebiet, XLII. Jahresbericht des Sonnblick-Vereines, 1933, S. 43—50.

[9] F. Machatschek, Zur Klimatologie der Gletscherregion der Sonnblickgruppe, VIII. Jahresbericht des Sonnblick-Vereines, 1899, S. 3—34.

Ergebnisse der im Auftrage des Sonnblick-Vereines in den Jahren 1930—1934 am Goldbergkees der Sonnblickgruppe durchgeführten Beobachtungen und Messungen

von N. Lichtenecker.

St₁—St₄ = 6 m hohe Stahlrohre, ausgesetzt i. J. 1931 (und nicht 1932, wie irrtümlich in der Karte angegeben). Die Zahlen in Klammern geben an, wie viel Meter die Rohre in den Firn gebohrt wurden. — Abl₁ u. Abl₂ = Gegend der Abschmelzungsbestimmungen. — Og = Verlauf der Ogiven. — MM = Mittelmoräne. — WM = Wintermoränen aus der Zeit 1928—1932. — B.St. = Lage der Mündung des Barbarastollens (nach Waldner-Pošepuy). — Sch.G. = Schneegrenze. — Kleine schwarze Dreiecke bezeichnen die Moräne des Höchststandes im 17. Jhd., kleine schwarze Vollkreise und — wo rekonstruiert — Ringelchen die ältesten (höchstwahrscheinlich prähistorischen) Moränen des Gletschervorfeldes. Die Eintragungen erfolgten in die 1909 photogrammetrisch aufgenommene Karte von Wollen-Tschamler.



Aufn. Lichtenecker.

Bild 1. Das Goldbergkees und sein Vorfeld, gesehen von Kote 2369,5 (der Karte von Wollen-Tschamler) nördlich des Knappenhauses, Anfang September 1932.

m = Moränenwall von 1917–1927; *t* = Toteismassen unter Moränenbedeckung; *hs* = Haldenschutt vor dem (links nicht mehr sichtbaren) Knappenhaus; *a* = Endmoräne von 1850; *b* = die ganz bewachsene Endmoräne des Höchststandes im 17. Jahrhundert; *c* und *d* = schütterte Blockreihen, die jenen Blockwällen entsprechen, die (s. Bild 3) links vom Gletscherbach den das Vorfeld abschließenden Riegel krönen und einem höchstwahrscheinlich prähistorischen Gletscherstand zuzurechnen sind. — Im linken Drittel des Bildes sind zwei von den drei Eisschilden sichtbar, die den Rest des einstigen Neunerkeeses vorstellen.