

Nr.	L a n d s c h a f t (Bezeichnung nach Köppen)	Mittl. Breite	Heiterkeit %			Wahre mittl. Wärme- menge
			Max.	Min.	Mittl.	
53	Alpengebiet . . . . .	47° N	52	30	41	0·122
54	Süddeutschland und Böhmen . . . . .	49° N	46	22	34	0·088
55	Nord- und Mitteldeutschland . . . . .	52° N	43	22	33	0·074
56	Frankreich und Niederlande . . . . .	47° N	50	34	42	0·109
57	Britische Inseln . . . . .	48° N	38	25	32	0·083
58	Südkandinavien . . . . .	60° N	44	24	34	0·076
	D. Borealer Gürtel.					
59	Nordskandinavien . . . . .	65° N	47	29	38	0·066
60	Osteuropa, West von 35° E . . . . .	57° N	53	23	38	0·086
61	Osteuropa, Ost von 35° E . . . . .	58° N	42	20	31	0·070
	<b>VII. Polargebiete jenseits der Baum- grenzen.</b>					
62	Nordpolargebiet . . . . .	75° N	52	27	40	0·070
63	Südpolargebiet . . . . .	64° S	42	14	28	0·049

überwiegt. Der Ausgleich wird dann durch Wärmetransport entlang der Erdoberfläche hergestellt.

Was den geographisch möglichen Strahlungsgenuß der Erde anlangt, so sind die im zweiten Teil der Tabelle 4 mitgeteilten Werte selbstverständlich nur für die erste Übersicht bestimmt. Einzelheiten finden sich in der ihr zugrunde liegenden ausführlichen Tabelle am Ende dieses Aufsatzes. Ein genaues Studium dieser Tabelle ist sehr lehrreich, doch soll ihre Diskussion infolge Raummangels, ebenso wie die Beibringung weiterer Ergebnisse der „Strahlungsgeographie“, in Kürze an anderer Stelle erfolgen.

## Gletschermessungen im Zemmgrund (Zillertaler Alpen) 1934 und 1937.

Von **Norbert Lichtenecker.**

Mit 2 Abbildungen im Text und 3 Abbildungen auf Tafel I und II.

In den Sommern 1934, bzw. 1937 habe ich an den Gletschern des Zemmgrundes Messungen durchgeführt, bei denen mir das erstmal Herr A. Wiesner, beim zweitenmal die Herren M. Blasoni, E. Pevny und E. Wilthum behilflich waren. Diese Arbeiten schließen — vor allem beim Hornkees — eine Beobachtungsreihe ab, die ich im Jahre 1924 beginnen konnte und über die ich bis einschließlich 1933 regelmäßig in der Zeitschrift für Gletscherkunde (letzter Bericht in Bd. 22, 1935, S. 199) Bericht erstattet habe. Die Ergebnisse von 1934, bzw. 1937 teile ich hier im Zusammenhang mit älteren Messungen mit.

**Markenmessungen.**

Zunächst die Angaben über die Entfernung der Stirnen der drei großen Zemmgrund-Zungengletscher von den in den Vorfeldern angebrachten Marken (alle Entfernungsangaben in Metern, R=Rückzug):

**Hornkees.**

Zeitpunkt	III E 20° N	II E 10° S	B S 37° E	I S 26° E	A linke Pfeilr. S 6° W	C S 26° W	Mittelwert der Veränderung
24. August 1933 . .	101·3	123·2	169·5	131·0	105·5	94·5	1932/33 R 9·0
17. August 1934 . .	109·1	130·5	—	141·5	114·5	98·7	1933/34 R 7·3
23. August 1935 <sup>1</sup> . .	117·5	146·3	—	149·5	—	111·1	1934/35 R 11·1
19. August 1936 <sup>1</sup> . .	126·6	152·2	—	166·8	—	117·4	1935/36 R 9·7
23. August 1937 . .	135·2	—	—	170·8	—	123·0	1936/37 R 6·1

Brauchbar sind gegenwärtig für Entfernungsmessungen nur mehr die Marken III, I und C, von denen I in der Fortsetzung der Längsachse des Gletschers liegt.

**Schwarzensteinkees.**

Zeitpunkt	A E 20° S	B E 31° S	C E 40° S	DI linke Pfeilr. E 34° S	IIa S 30° E	IIIa S	IV rechte Pfeilr. S 22° W	IV linke Pfeilr. S 30° E	Mittelwert der Veränderung
26. August 1933	273·1	—	—	—	177·3	95·5	145·5	—	1932/33 R 25·2
19. August 1934	277·7	53·5	58·7 <sup>1</sup>	60·7 <sup>1</sup>	184·3	103·7	155·2	130·0	1933/34 R 7·4
21. August 1935 <sup>1</sup>	—	60·0	65·0	62·0	—	—	—	141·8	1934/35 R 6·5
16. August 1936 <sup>1</sup>	—	70·0	68·5	67·2	—	—	—	153·5	1935/36 R 7·6
24. August 1937	—	74·2	80·0	132·0	269·0	—	—	164·7	1936/37 R 22·9

Die Marken C und D wurden 1934 (6. September) von Sander, Marke B im gleichen Jahr (19. August) von mir neu gesetzt. Gegenwärtig benützt man am besten nur mehr die Marken IV (linke Pfeilrichtung), II a, DI (linke Pfeilrichtung), C und B. DI liegt ungefähr in der Verlängerung der Gletscherlängsachse.

Die Markenmessung von II a führte 1937 in den östlichen Teil, jene von DI in die Mitte einer maximal zirka 55 bis 60 m tiefen Ausbruchsnische, in deren Hintergrund noch Reste einer gewaltigen Eislawine

<sup>1</sup> Markenmessung von W. Sander (vgl. Z. f. Gletscherk., Bd. 23, 1935, S. 122, und Bd. 24, 1936, S. 173 f.).

lagen. Im rechten Teil der Stirn ist, wie Spalten anzeigen, ein ähnlicher, aber wesentlich kleinerer Eisniederbruch über einem niedrigen Gletscher-  
tor in Vorbereitung. Der einstige Radialspaltenreichtum der Stirn des  
Schwarzensteinkeeses ist in den letzten Jahren verlorengegangen.

### Waxeggkees.

Zeitpunkt	Marke II rechte Pfeilr. S 12° W	Veränderung
26. August 1933 . . .	116·7	1932/33 R 15·2
16. August 1934 . . .	132·7	1933/34 R 16·0
24. August 1935 <sup>1</sup> . . .	164·6	1934/35 R 31·9
20. August 1936 <sup>1</sup> . . .	181·3	1935/36 R 16·7
21. August 1937 . . .	205·8	1936/37 R 24·5

In Abb. 1 ist die Verlagerung der Stirnen der drei großen Zemm-  
grundgletscher seit 1896 — in diesem Jahr setzten die Markenmessun-

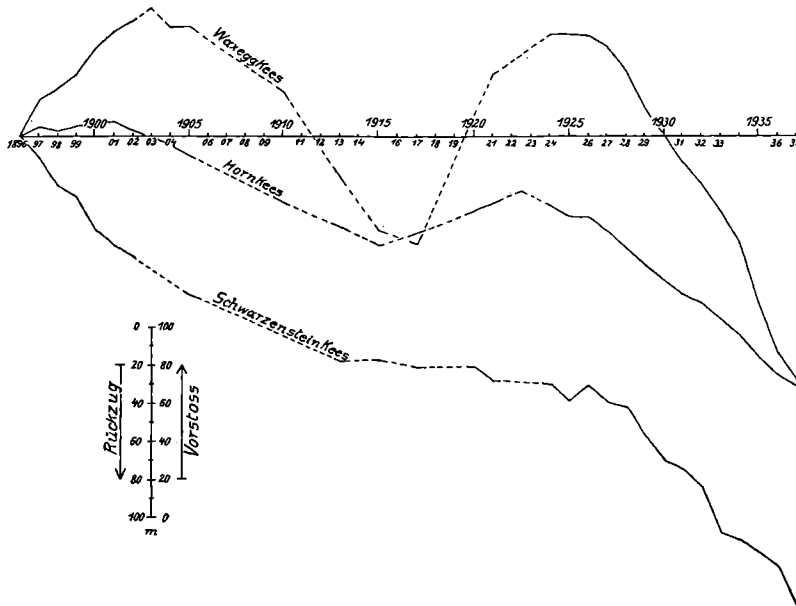


Abb. 1. Die Verlagerung der Stirnen der drei großen Zemmgrundgletscher von 1896 bis 1937.

gen ein — bis 1937 graphisch festgehalten; ich schließe die zugehörige  
Werttafel an (V=Vorstoß, R=Rückzug, alle Angaben in Metern):

	Hornkees	Schwarzensteinkees	Waxeggkees
1896—97	V 5·1	R 11·4	V 19·5
97—98	R 2·0	R 14·3	V 5·3
98—99	V 2·6	R 6·1	V 8·3
99—1900	V 0·2	R 17·1	V 13·1
1900—01	V 1·9	R 7·9	V 8·5
01—02	R 4·1	R 5·9	V 5·6
02—03	} R 7·9	} R 20·7	V 6·6 <sup>2</sup>
03—04			R 8·6 <sup>2</sup>
04—05	R 5·8		stationär
05—1910	R 25·1	} R 34·9	R 34·0
1910—13	R 12·8		R 45·5
13—15	R 9·7	V 0·3	R 27·1
15—17	V 6·9	R 3·6	R 7·3 <sup>4</sup>
17—1920	V 11·6	V 0·2	V 67·7
1920—21	V 3·4	R 7·5	V 22·0
21—23 (od. 22)	V 6·7 <sup>3</sup>	} R 1·7	} V 20·7 <sup>2</sup>
23 od. (22)—24	R 7·4 <sup>3</sup>		
24—25	R 6·4	R 8·4	R 0·2
25—26	R 0·5	V 7·5	R 0·3
26—27	R 6·8	R 8·3	R 5·7
27—28	R 8·5	R 3·0	R 13·2
28—29	R 9·4	R 15·4	R 18·6
29—1930	R 8·3	R 12·6	R 15·0

<sup>2</sup> Mir war seinerzeit eine Bemerkung S. Finsterwalders entgangen, die im Anschluß an die Zusammenstellung der Messungen Forsters in Bd. 10, 1916/17 der Z. f. Gletscherk., S. 54, nachzulesen ist: „Es zeigt sich deutlich von 1896 bis 1902 ein Vorrücken des Gletschers. Nach der Lage des Moränenringes zu schließen, müßte der Hochstand bis auf etwa 10 m an die Marke herangereicht haben.“ Da ich diese Notiz übersehen hatte, andererseits der Wall, der vor der Zunge des Waxeggkeeses liegt, sehr frisch erscheint, habe ich diese Moräne (vgl. Z. f. Gletscherk., Bd. 18, 1930, S. 210 und 211) dem Jahr 1923 (bzw. 1922) zugeordnet. Sie stammt aber aus dem Jahr 1903; in der obigen Tabelle habe ich alle auf diese Tatsache bezüglichen Werte richtiggestellt. In einem dem Artikel „Gletscherbeobachtungen im Zemmgrund“ („Der Bergsteiger“ 1930, S. 227) beigegebenen Kärtchen habe ich die in Frage stehende Moräne noch als aus dem Jahre 1923 stammend eingetragen. Allerdings reichte damals das Eis bis mindestens 13 m an die 1903er Moräne heran (es könnte sie möglicherweise sogar noch erreicht haben!), ohne aber bei dem damaligen sehr jähem Vorstoß einen Schuttwall zu hinterlassen.

<sup>3</sup> Vgl. zu diesem Wert meinen Bericht in Z. f. Gletscherk., Bd. 18, 1930, S. 207.

<sup>4</sup> Dieser Wert stammt aus einer brieflichen Mitteilung des Herrn Geheimrates S. Finsterwalder aus dem Jahre 1929; er fand 1917 große Blöcke an der Stirn des Waxeggkeeses, woraus er schloß, daß damals der Eisrand wieder im Vorrücken war; es muß also der Rückzug von 1915 bis 1917 größer als 7·3 m gewesen sein; in die Tabelle, bzw. in die Abb. 1 konnte aber natürlich nur diese Zahl aufgenommen werden.

	Hornkees	Schwarzensteinkees	Waxeggkees
1930—31	R 7·4	R 4·8	R 14·8
31—32	R 4·5	R 8·8	R 10·5
32—33	R 9·0	R 25·2	R 15·2
33—34	R 7·8	R 7·4	R 16·0
34—35	R 11·1	R 6·5	R 31·9
35—36	R 9·7	R 7·6	R 16·7
36—1937	R 6·1	R 22·9	R 24·5

Es ist im allgemeinen üblich, aus den Vorfeldern der Gletscherzungen die Markenmessung in jener Richtung an die Stirn heranzuführen, die bei der Setzung der Marke dort senkrecht zum Eisrand verlief. Ergeben sich schon daraus Schwierigkeiten, daß beim Zurückweichen oder Vorrücken der Stirn diese Richtung ihren ursprünglichen Sinn verliert, so ist zunächst die Messung senkrecht zum Eisrand überhaupt nur dann gestattet, wenn dieser geradlinig verläuft, was aber nur ganz ausnahmsweise der Fall ist. Es ist vielmehr richtig, alle Messungen parallel zur Gletscherlängsachse vorzunehmen. Die Markenmessungen bei den Zemmgrundgletschern wurden, wie man das bisher überall gemacht hat, in der üblichen Weise durchgeführt. Wie groß der Unterschied zwischen so gewonnenen und den wahren Werten ist, erhellt daraus, daß das Mittel aus sechs auf Abb. 3 in gleichen Abständen parallel zur Längsachse des Hornkeeses von der Moräne 1923 (1922) zum Eisrand 1937 geführten Messungen sich zum gewöhnlichen Messungsmittel wie 5 : 4 verhält.<sup>5</sup>

Immerhin gibt Abb. 1 ein anschauliches Bild davon, daß die Bewegung der drei Gletscherstirnen den gleichen Rhythmus besitzt; beim Schwarzensteinkees dürfte der Vorstoß, der im allgemeinen bei den Alpengletschern in die Jahrhundertwende fällt, knapp vor 1896 erfolgt sein; jedenfalls gibt es, besonders im linken Teil des Vorfeldes, Wälle, die nur dieser Zeit angehören können. Im steilen Gefälle des Waxeggkeeses ist der Grund dafür zu sehen, daß hier alle Bewegungen — Vorstoß und Rückzug — weitaus lebhafter erfolgen als bei seinen beiden Nachbarn. Im Jahresdurchschnitt des letzten Dezenniums ging der Gletscher rund 18 m zurück. — Die häufigen Einbrüche an der Stirn des Schwarzensteinkeeses sind schuld daran, daß die Rückzugswerte bei diesem Gletscher von Jahr zu Jahr um ein beträchtliches schwanken.

<sup>5</sup> Dazu ist noch zu bemerken, daß die Moräne 1923 (1922) und der Eisrand 1937 tachymetrisch vermessen wurden, und weiters, daß die dem gewöhnlichen Mittel zugrunde gelegten Meßbandmessungen über nahezu horizontales Gelände gingen.

Die beiden Vorstöße nach 1900, bzw. nach 1920 verschwinden natürlich neben dem allgemeinen Rückzugsbetrag der letzten 80 Jahre. Er macht beim Schwarzensteinkees nicht weniger als 820 m aus.

### Profilmessung Hornkees.

Hand in Hand mit dem starken Rückgang der beobachteten Gletscher geht das Einsinken ihrer Eisoberfläche. Jährliche Profilaufnahmen<sup>6</sup>

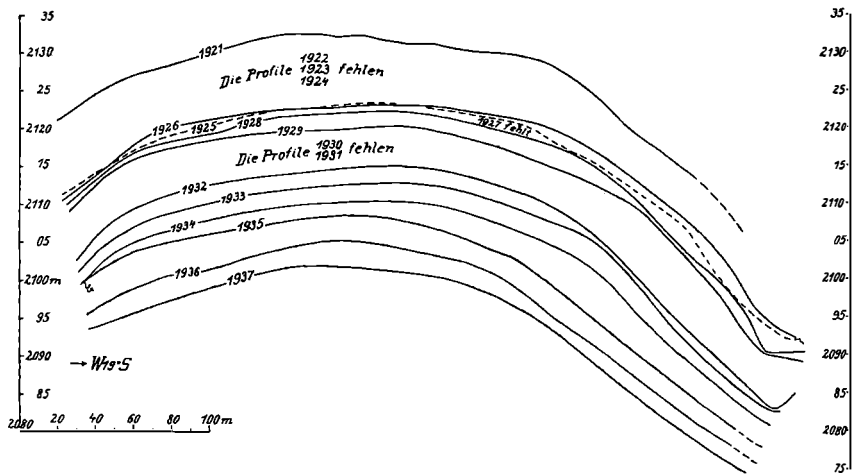


Abb. 2. Das Einsinken der Oberfläche des Hornkeeses von 1921 bis 1937.  
(Längen 1 : 4000, Höhen 1 : 1000).

sind in Abb. 2 zusammengefaßt und lassen erkennen, wie überaus rasch diese Entwicklung vor sich geht. Die zugehörigen Daten lauten für die

#### Messung 18. August 1934:

Stein, bzw. Punkt	Ortsstandpunkt E	Lebendmoräne	Blankeisrand	Stein mit Kreuz	Leistein	Stein 1	Stein 2
Horizontalentfernung von E in m	—	38·0	92·0	105·2	125·2	144·6	207·6
Höhe in m . . . . .	2146·9	2125·4	2099·1	2102·7	2105·6	2106·8	2110·0

<sup>6</sup> Die Daten für das Profil von 1921 stammen von Herrn Geheimrat S. Finsterwalder, für das Profil von 1935 von W. Sander (Z. f. Gletscherk., Bd. 24, 1936, S. 174), der mir in einer brieflichen Mitteilung vom 12. September 1937 auch die unveröffentlichten Daten für das Profil von 1936 in dankenswerter Weise zu Verfügung gestellt hat.

Stein, bzw. Punkt	Stein 3	Stein 4	Punkt 5	Punkt 6	Punkt 7	Blank- eisrand	Westland- punkt W
Horizontalf Entfernung von E in m	262·0	294·0	335·8	391·5	429·3	458·2	527·9
Höhe in m . . . . .	2110·3	2108·9	2105·2	2094·6	2086·2	2080·6	2128·4

## Messung 22. August 1937:

Punkt	Ostland- punkt E	Blank- eisrand	Punkt 1	Punkt 2	Punkt 3	Punkt 4	Punkt 5
Horizontalf Entfernung von E in m	—	95·6	124·4	157·4	195·7	250·0	282·6
Höhe in m . . . . .	2146·9	2093·4	2096·0	2098·6	2101·5	2101·4	2100·3

Punkt	Punkt 6	Punkt 7	Punkt 8	Punkt 9	Punkt 10	Blank- eisrand	Westland- punkt W
Horizontalf Entfernung von E in m	308·5	334·1	361·9	396·8	424·8	445·0	527·9
Höhe in m . . . . .	2098·1	2094·5	2089·3	2082·4	2077·6	2074·4	2128·4

Die Profile reichen an beiden Seiten stets bis zum Rand des blanken Eises, mit Ausnahme der linken (westlichen) Enden in den Jahren 1921, 1935 und 1936.

### Geschwindigkeitsmessungen.

Eine der gletscherkundlichen Aufgaben im Zemmgrund war, die räumliche sowie die zeitliche Veränderung der Oberflächengeschwindigkeit des Eises festzustellen. Die ziemlich regelmäßige Nachmessung der im Jahre 1925 quer über den unteren Teil der Hornkeeszunge gelegten Steinreihe diente diesem Zweck; um auch unmittelbar an der Stirn Geschwindigkeitswerte zu gewinnen, wurden dort im Jahre 1932 vier Steine ausgelegt und 1933, bzw. 1934 wieder vermessen. 1929 und abermals 1934 wurden neuerdings (kurze) Steinreihen im alten Profil E—W verlegt und in den folgenden Jahren vermessen, so daß ein Überblick über das Erlahmen der Gletschergeschwindigkeit im Bereich eben dieses Querschnittes gewonnen werden konnte.

Die aus dem Jahre 1925 stammende Steinreihe war 1934 in ihrer rechten Hälfte noch erhalten; es fehlten die Steine 4, 5 und 7; 1, 2 und 3 waren bereits am linken Gletscherufer gestrandet. 1937 war keiner der Steine dieser alten Reihe mehr aufzufinden. (Vgl. Abb. 3.)

## Steinreihe 1925, vermessen am 17. August 1934:

Stein Nr.	Höhe in m	Horizontal- entfernung vom Standpunkt E in m	Winkel zwischen E—W und E-Stein	Fortbewegung des Steines	
				29. August 1932 bis 17. August 1934, horizontal gemessen, in m	pro Jahr zwi- schen 1932 und 1934, auf der Gletscherober- fläche ge- messen, in m
11	2074·9	198·1	45° 00'	14·1	8·3
10	2069·5	243·7	43° 01'	21·4	11·9
9	2067·7	290·1	39° 21'	26·5	14·3
8	2063·5	340·8	35° 12'	26·7	14·5
6	2054·9	426·9	23° 06'	19·2	12·1

## Steinreihe 1929, vermessen am 17. August 1934:

Stein mit Kreuz	2089·2	118·3	30° 04'	15·5	8·8
1	2090·1	160·2	29° 29'	25·2	13·6
2	2088·4	208·8	26° 37'	27·9	15·0
3	2088·0	250·4	23° 35'	35·6	18·7

Stein 4 der Steinreihe 1929 — diese wurde 1934 wieder aufgelassen — war nicht mehr auffindbar. Am 17. August 1934 wurden (vgl. dazu den Abschnitt über die Profilmessung Hornkees) fünf bezeichnete Steine und ein Leitstein in der alten Linie E—W ausgelegt. Von diesen waren 1937 nur mehr der Leitstein und Stein 4 zu finden:

## Steinreihe 1934, vermessen am 22. August 1937:

Stein Nr.	Höhe in m	Horizontal- entfernung vom Standpunkt E in m	Winkel zwischen E—W und E-Stein	Fortbewegung des Steines	
				17. August 1934 bis 22. August 1937, horizontal gemessen, in m	pro Jahr zwi- schen 1934 und 1937, auf der Gletscherober- fläche ge- messen, in m
Leitstein . .	2090·5	128·2	14° 20'	—	—
Stein 1 . . .	2090·8	308·0	7° 28'	46·4	14·2

## Steinreihe 1932 (an der Gletscherstirn), vermessen am 18. August 1934:

Die horizontale Lageveränderung (in der Klammer: die Lageveränderung auf der Gletscheroberfläche) betrug beim Stein 13 5·7 m (8·8 m), beim Stein 14 5·7 m (8·7 m), beim Stein 15 8·7 m (10·3 m). Stein 12 war nicht mehr auffindbar. — Im Jahre 1937 waren alle Steine an dem untersten Steilstück der Stirn abgeglichen.

Abb. 3 zeigt übersichtlich die Ergebnisse aller Steinreihenmessungen auf dem Hornkees. Unmittelbar unterhalb der Profillinie, und zwar in der am raschesten bewegten Gletschermitte, verhielt sich die Geschwindigkeit der Eisoberfläche im Zeitraum 1925 bis 1928 zu jener im Zeit-



raum 1929 bis 1932, bzw. 1934 bis 1937 wie 9 : 7 : 4. In neun Jahren ist also die Oberflächengeschwindigkeit am gleichen Punkte um mehr als die Hälfte kleiner geworden. 1925 bis 1928 blieb dabei die Eisoberfläche ziemlich unverändert, sank aber dann von 1928 bis 1937 um mehr als 20 m ein. Das bedeutet aber einen Verlust von mehr als einem Fünftel der gesamten 1928 in unserem Querschnitt vorhandenen Eismasse. Denn man darf nach dem Gefälle der in der letzten Zeit eisfrei gewordenen Vorfeldteile schließen, daß gegenwärtig (1937) unter der Mitte der Profillinie das Eis etwa 70 m, höchstens aber 80 m mächtig ist.

Es läßt sich berechnen, daß die seitliche Schrumpfung des Gletschers mit seinem Einsinken keineswegs Schritt hält. Der gesamte Eiskörper — an seinem linken Ufer konnte man 1937 beobachten, daß er dort dem festen Fels<sup>7</sup> anliegt, während an seiner rechten Seite die Lebendmoräne an frischen Eisanrissen gut erkennbar war — ist gegenwärtig an der Profillinie rund 405 m breit.<sup>8</sup> Der Eiskörper ist von 1928 bis 1937 nur um etwa 35 m schmaler geworden; das ist aber bloß rund ein Dreizehntel der Breite von 1928, während die Eisdicke, wie oben eben ausgeführt wurde, in der gleichen Zeit um mehr als ein Fünftel kleiner geworden ist.

Zur Zeit des letzten Hochstandes, also um 1856, betrug die Breite des Hornkeeses (ebenfalls an der Profillinie gemessen) 540 bis 550 m und seine Mächtigkeit in der Längsachse rund 135 m, wobei die Krümmung seiner Oberfläche etwas konvexer angenommen wurde, als sie es gegenwärtig ist. (Man erkennt schon aus Abb. 2, daß mit sinkender Eismächtigkeit die Konvexität des Oberflächenquerschnittes abnimmt, ein überzeugender Beweis dafür, daß die Konvexität der Oberfläche ihre primäre Ursache in dem rascheren Fließen der Gletschermittle hat.) Der Gletscher hat demnach seit jenem Höchststand in diesem Profil nur ein Viertel seiner Breite, dagegen aber fast die Hälfte seiner Mächtigkeit eingebüßt.<sup>9</sup> Rund ein Drittel dieses Dickenverlustes entfällt allein auf

---

<sup>7</sup> Hier wäre daher in Zukunft eine sichere Bestimmung der Oberflächenrandgeschwindigkeit leicht vorzunehmen. Der von mir seinerzeit (Z. f. Gletscherk., Bd. 22, 1935, S. 203 f.) bestimmte Randgeschwindigkeitswert — in Zeile 7 von unten auf S. 203 sind die Zahlen 68·2 und 76·4 miteinander vertauscht worden, die Werte aber auf Abb. 2 richtig eingetragen — ist nicht am wirklichen rechten Rand, sondern von diesem in einer (horizontalen) Entfernung von fast 30 m gewonnen worden, was hiemit berichtigt sei.

<sup>8</sup> Die Distanz zwischen dem linken Felsufer und der rechten Lebendmoräne läßt sich nicht ganz scharf bestimmen. Gerade hier reicht das Eis am rechten Ufer in einem flachen Bogen ziemlich weit an die Außenseite der 1856er Ufermoräne empor.

<sup>9</sup> Leider kann man mit diesen Werten die Größen des Rückzuges der Hornkeesstirn von 1856 bis 1937 nicht ohneweiters in Beziehung setzen, da um die

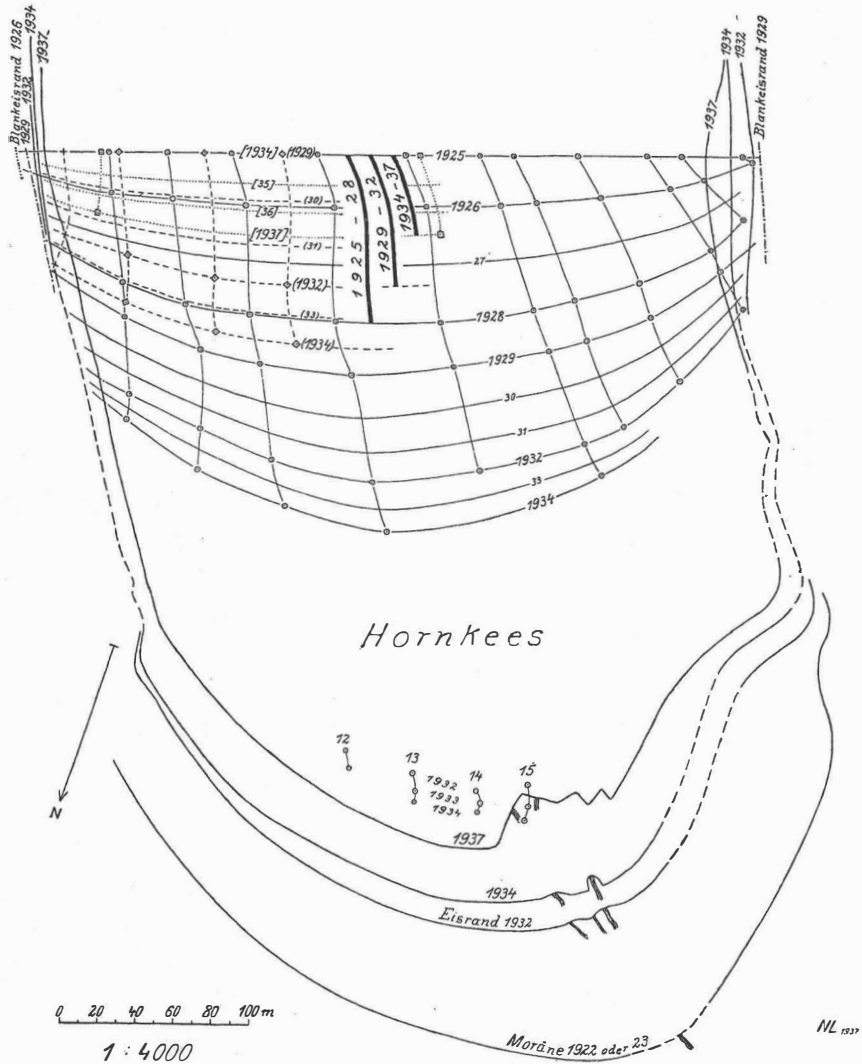


Abb. 3. Das Erlahmen der Geschwindigkeit des Hornkeeses und der Rückgang der Stirn des Gletschers von 1925 bis 1937 (vgl. den Text auf S. 79/80).



Aufn. d. Verf.

Abb. 4. Eine Eissäule in der künstlichen Höhle an der Stirn des Hornkeeses. Infolge der gewaltigen Auflast und der rascheren Vorwärtsbewegung der höheren Gletscherteile ist die Säule (Durchmesser 1'20 m) im Laufe eines Jahres nicht nur zusammengepreßt, sondern auch sigmoidal verzogen worden. Das Eis bewegt sich nach rechts (vgl. den Text auf S. 81).



Aufn. d. Verf.

Abb. 5. Gletscherkörner an der Wandung der Hornkeeshöhle ( $\frac{1}{2}$  der nat. Gr.). Die Eisblätter werden von der Wand senkrecht geschnitten. Das Eis bewegt sich nach links (vgl. den Text auf S. 81/82).

die letzten neun Jahre, woraus der gegenwärtig besonders jähe Verfall dieses Gletschers — nur ein Beispiel für viele andere — erhellt.

Bei der Betrachtung von Abb. 3 darf man nicht vergessen, daß im Langsamerwerden der Steinwanderung zungenabwärts nicht nur das Abrücken in an und für sich langsamer bewegte Zonen, sondern auch das Erlahmen der Geschwindigkeit des Hornkeeses im Laufe der Jahre zum Ausdruck kommt. Ohne diese zweite Komponente wäre die Verzögerung der wandernden Steinreihe wesentlich kleiner.

Die Geschwindigkeit des Hornkeeses dürfte am Abschwung bei der Zungenwurzel am größten sein, das ist rund 1200 m oberhalb der Profilinie. Vergleichende Messungen in den Jahren 1925 und 1928 an Steinreihen auf dem Schwarzensteinkees, bzw. Waxeggkees ergaben, daß diese beiden Gletscher sich ziemlich gleich schnell wie das Hornkees bewegen; ein genauer Vergleich wäre aber nur möglich, wenn auf jedem Gletscher mehrere Steinreihen angelegt würden.

### Andere Beobachtungen.

Immer wieder kann man feststellen, daß nächst der Gletscherstirn die Eisblätter ihr steiles, gletscheraufwärts gerichtetes Einfallen verlieren und sich dem Untergrund parallel richten. Ich führe dies darauf zurück, daß dort, wo der Gletscher schon sehr dünn ist, die Oberfläche relativ viel rascher talwärts bewegt wird als die ihr knapp benachbarten, infolge der hier nur mehr geringen Belastung wenig plastischen und darum der Bodenreibung besonders ausgesetzten Grundschichten. Wie sehr an der Gletscherstirn die Geschwindigkeit im Querschnitt nach unten zu abnimmt, beweist eine Beobachtung in der von den Bergführern in die Stirn des Hornkeeses waagrecht vorgetriebenen Höhle. Sie muß begreiflicherweise in jedem Frühjahr gletschereinwärts angestückelt werden, und da zeigt sich — abgesehen vom Schrumpfen des Höhlenquerschnittes durch den allseitigen Druck der Eismasse —, daß Säulen, die im Vorjahr aus dem Eis herausgeschlagen worden waren, ihre senkrechte Lage einbüßen, indem sie in ihren höheren Teilen rascher vorwärtsbewegt werden und daher, von der Seite gesehen, eine sigmoidale Form annehmen. Abb. 4 zeigt eine solche Säule (Durchmesser 1'20 m); die Mächtigkeit des Eises unter ihr mag etwa 5 m, die darüber etwa 10 m betragen haben. Vom Eisrand war sie rund 35 m entfernt.

In eben dieser Höhle konnte 1937 unter besonders günstigen Bedingungen ein Stück der Wandung photographiert werden; diese Aufnahme (Abb. 5) läßt nicht nur die unregelmäßige Begrenzung der Glet-

---

Mitte des vorigen Jahrhunderts Horn- und Waxeggkees in einer gemeinsamen Zunge (zirka 1200 m unterhalb der heutigen Endlage des Hornkeeses) endeten.

scherkörner und deren anscheinend in jedem Korn anders orientierte Riefung erkennen, sondern auch, daß die Ränder mancher Eisblätter (Blaublätter) glatte Grenzflächen zwischen den Körnern des einen und des anderen Blattes darstellen. Eine solche scharfe Grenzfläche wird von der Höhlenwand im obersten Teil von Abb. 5 geschnitten, eine andere verläuft schräg abwärts gegen die rechte untere Ecke. Das Bild zeigt aber auch, daß andererseits Gletscherkörner ohneweiters aus luftarmem, hellem Eis hinüberreichen in ein luftblasenreiches, dunkles Eisblatt — die obere Bildhälfte wird von einem solchen durchzogen. Hier fehlt eine scharfe Grenzfläche durchaus.

Im Gegensatz zu der Nachbarschaft der Zungenenden vieler anderer Alpengletscher gibt es bei den drei großen Gletschern des Zemmgrundes außerhalb der hohen Moränenwälle von 1856 nur unmittelbar an sie anschließend noch ältere Moränen; diese niedrigen, im Gegensatz zu den Moränen von 1856 schon völlig begrünt, bisweilen sogar von Zerbstümpfen bestandenen Wälle gehen mit größter Wahrscheinlichkeit auf jenen Eisvorstoß zurück, den man in den Alpen für die erste Hälfte des 17. Jahrhunderts nachgewiesen hat. Es haben sich also alle historischen Veränderungen der Zemmgrundgletscher innerhalb des durch jene Wälle abgegrenzten Raumes abgespielt. Wandert man von den einander eng benachbarten, der Mitte des 19., bzw. dem 17. Jahrhundert entstammenden Moränen, die bei dem Alpenrose-Schutzhaus das einstige gemeinsame Zungenende von Hornkees und Waxeggkees bezeichnen, talaus, so trifft man keine weiteren Blockmassen mehr, bis man die „Grahwand“-Stufe im Hintergrund des Zemmtroges erreicht; das Blockwerk, das hier zu beobachten ist und die Stufe aufbaut, über die der „Schinder“ heraufführt, ist aber keine Moräne, sondern Bergsturzmaterial von der darüber aufragenden Grahwand.

Im Vorfeld des Waxeggkeeses wurde 1932<sup>10</sup> ein großer, mit einer alten Marke versehener Block wieder aufgefunden, der in der Zeit von 1918 bis 1932 am Grunde des vorstoßenden und dann wieder zurückweichenden Zungenendes 20 m talwärts geschleift und dabei um 90° verdreht worden war. Dieser Transport ist recht beträchtlich, wenn man berücksichtigt, daß die Eismasse über dem Block höchstens etwa 25 m Mächtigkeit erreicht haben kann.<sup>11</sup> Auch die prächtigen Schrammen auf den knapp südlich der Berliner Hütte gelegenen Gletscherschliffen deuten auf einen lebhaften Transport am Grunde des Eises hin; da ihre Richtung gegen die Berliner Hütte (NNW) weist, können sie nur einer

<sup>10</sup> Vgl. Z. f. Gletscherk., Bd. 21, 1933, S. 174.

<sup>11</sup> Diese Schätzung ist wohl begründet auf dem Vergleich der jährlich gemachten Zungenenden-Kontrollaufnahmen.

Zeit entstammen, da der Schwarzensteingletscher (nach 1600 und um 1850 war sein Ende vom Hornkees 800 m entfernt) noch nicht im Zemtal abwärts floß, sich dort mit den anderen Gletschern vereinigend; denn würden die Schrammen einer solchen Periode entstammen, müßten sie gegen W gerichtet sein; aus dieser Überlegung geht hervor, daß sie in den Untergrund eingeritzt worden sein müssen, als der Umfang des Hornkeeses dem von 1856, bzw. dem im 17. Jahrhundert entsprach. Die Moränen dieser Eisstände trifft man aber knapp außerhalb der in Rede stehenden Gletscherschliffe noch südlich des Steges, auf dem man über den Zembach hinüberschreitet zur Berliner Hütte. Dies bedeutet wiederum, daß die Schrammen eingeritzt wurden, als das Eis darüber nur etwa 10 bis 25 m mächtig war: ein klarer Beweis, wie lebhaft selbst die wenig mächtigen Eispartien unmittelbar am Rande der Zunge den Untergrund mit den mitgeschleppten Blöcken zu bearbeiten imstande waren.

Im Zusammenhang damit möge schließlich noch eine andere Beobachtung Erwähnung finden: Vor der rechten Stirnhälfte des Schwarzensteinkeeses (in der Umgebung der Marke IIIa und zwischen ihr und der Marke D) gibt es mächtige Blöcke, die tief im Kleinschutt und Grus eingebettet und in der Bewegungsrichtung des Schwarzensteinkeeses geschrammt sind. Ein entsprechendes Vorkommen konnte auch im Vorfeld des Hornkeeses festgestellt werden. In diesen Fällen wurde also nicht felsiger Untergrund, sondern alter, schwer beweglicher Moränenschutt vom darüber hinweggehenden Gletscher erosiv angegriffen.

## **Die Begrünung der Halde des Tauerntunnels bei Bockstein (Salzburg).**

Von Alois Kieslinger.

Mit 5 Abbildungen im Text.

Die Besiedlung von natürlichen Schutthalden ist ungemein häufig behandelt worden. Abgesehen von rein botanischen Fachfragen waren besonders die praktischen Aufgaben der Wildbach- und Rutschungsverbauung der Anlaß zu solchen Studien. In der neueren Zeit hat der Straßenbau im Hochgebirge neuerlich die Wichtigkeit einer künstlichen Bepflanzung der geschaffenen Gehängeeinschnitte und Anschnitte deutlich aufscheinen lassen. Besonders eingehend hat sich J. Stiny seit Jahrzehnten mit diesem Grenzgebiet von Pflanzenkunde und Geologie befaßt (siehe Schriftenverzeichnis [6—11]).

Derartige Beobachtungen sind auch für manche geologische Fragestellungen wichtig, z. B. für die Datierung von Moränen [3], Bergsturzmassen und Bergwerkshalden.

So mag es begründet und entschuldigt werden, wenn ein Geologe hier einen Sonderfall bespricht, der infolge der genau bekannten Entstehungszeit, der voll-