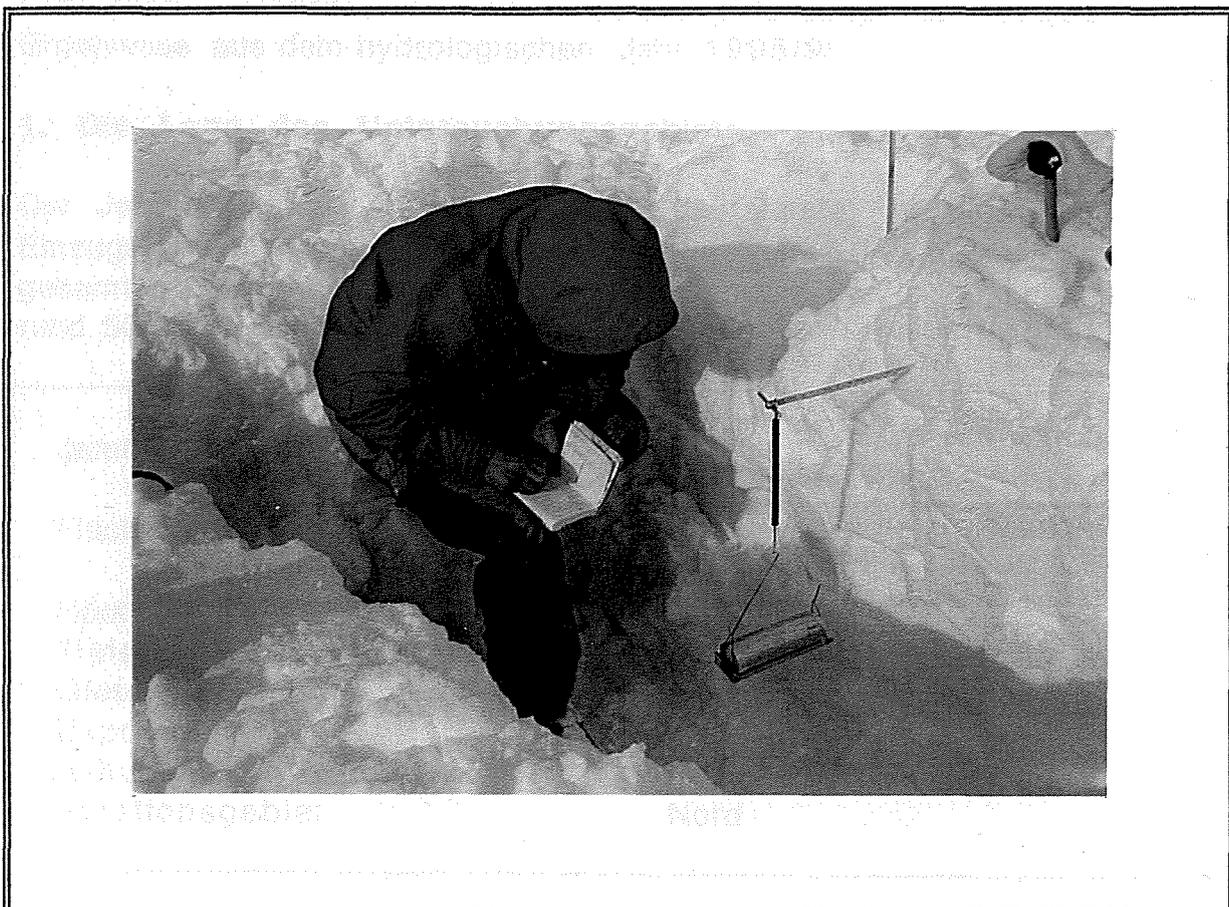


Markl

Jamtal Ferner

Massenhaushalt 1995/96



**Bericht über Messungen des Instituts für Meteorologie
und Geophysik der Universität Innsbruck
G. Markl und M. Kuhn**

Jamtal Ferner Massenhaushalt 1995/96

Bericht über Messungen des Instituts für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck

Im Auftrag des Hydrographischen Dienstes der Tiroler Landesregierung hat das Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck im Herbst 1988 begonnen, den Massenhaushalt des Jamtal Ferners mit der direkten glaziologischen Methode zu bestimmen. Der vorliegende Bericht ist eine Zusammenfassung der Arbeiten und Ergebnisse aus dem hydrologischen Jahr 1995/96.

1. Die Lage des Untersuchungsgebiets

Der Jamtal Ferner entwässert über das Jamtal in die Trisanna im Einzugsgebiet des Inn. Mit einer Fläche von 3,8 km² hat er an der gesamten vergletscherten Fläche des Jamtals heute einen Anteil von rund 50 %. Weitere topographische Daten sind in Tabelle 1 angeführt.

Jamtal Ferner			
Fläche im Jahr	1969	4,13	km ²
	1996	3,79	
Höchster Punkt		3160	m
Tiefster Punkt	1996	2420	m
Gletscherlänge	1996	2,5	km
Exposition			
Akkumulationsgebiet		Nord, teilweise West	
Ablationsgebiet		Nord	

Tabelle 1: Topographische Kennzahlen des Jamtal Ferners

Die Abbildungen 1 a und 1 b zeigen, daß der Jamtal Ferner eine kurze Zunge im Höhenbereich von etwa 2400 bis 2600 m hat. Bis knapp 2800 m Höhe folgt ein weites, zusammenhängendes Becken, das sich mit kurzen Steilstufen in mehrere Mulden in Kammnähe, rund 3000 m Höhe, erstreckt.



Abb. 1 b: Der Jamtalferner auf der Karte der Schweizer Landestopographie, Blatt Silvretta - Muttler - Lischanna, 1906.

2. Die Methode der Massenhaushaltsbestimmung

Massenhaushaltsuntersuchungen nach der glaziologischen Methode beruhen auf direkten Messungen an verschiedenen Stellen eines Gletschers, bei denen für die Dauer eines hydrologischen Jahres - also vom 1. Oktober bis zum 30. September des Folgejahres - Massengewinn oder Massenverlust gemessen werden. Aus der Integration von Punktmessungen über die gesamte Gletscherfläche erhält man die Massenänderung gegenüber dem Vorjahr.

Im Ablationsgebiet (Zehrgebiet) eines Gletschers errechnet man den Massenverlust mit Hilfe von ins Eis eingebohrten Stangen (Ablationspegeln), an denen man die Abschmelzbeträge direkt ablesen kann. Im Akkumulationsgebiet (Nährgebiet) muß man zur Bestimmung

des Schneezuwachses einen Schacht bis zur vorjährigen Gletscher-oberfläche graben und aus seiner Tiefe und der gemessenen Schneedichte den Wasserwert bestimmen. Die dazu nötigen Feldarbeiten und Kontrollmessungen wurden am 29. 9. und 1. 10. 1995, vom 24. - 25. 4. 1996, am 4. 7. und 31. 7. 1996 und vom 4. - 6. 10. 1996 durchgeführt.

3. Witterungsverlauf 1995/96:

Für den Massenhaushalt eines Gletschers in unserer Alpenregion sind drei meteorologische Parameter von besonderer Bedeutung:

1. der Niederschlag während des Winters,
2. die Sommertemperatur und
3. die Anzahl und Menge der Neuschneefälle während des Sommers.

Aus der praktischen Erfahrung wird in diesem Zusammenhang der Winter als die sieben Monate von Oktober bis einschließlich April genommen, der Sommer vom Mai bis September. Die folgenden Angaben zur Witterung beziehen sich auf die Station Galtür in 1648 m Seehöhe, ca. 5,5 km nördlich des Gletscherendes. Temperatur- und Niederschlagsdaten dieser Station sind in Tabelle 2 zusammengefaßt.

3.1 Der Winter 1995/96

Wie bereits in den Jahren zuvor war auch der Winter 1995/96 (Oktober bis April) zu warm. In Galtür lag er mit einer Temperatur von $-1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ um $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ über dem langjährigen Mittelwert von 1951-1980. Außergewöhnlich war in diesem Winter der Niederschlag, und zwar außergewöhnlich niedrig. Der Winterniederschlag betrug nur 245 mm und war damit der niedrigste Wert seit dem Winter 1963/64. Die Abweichung vom langjährigen Durchschnitt 1951-1980 beträgt 122 mm. Extrem niederschlagsarm waren dabei der Oktober 1995 mit 8 mm und der Jänner 1996 mit gar nur 6 mm, die 25 mm im Feber 1996 entsprechen auch nur 50 % des langjährigen Mittels.

Am Totalisator Jamtal Ferner Zunge wurden vom 1. 10. 1995 bis 25. 4. 1996 insgesamt 446 mm Niederschlag gemessen. Der mittlere Wasserwert der Schneedecke am Zungenende des Gletschers betrug Ende April 710 mm. Davon sind aber 170 mm noch dem Haushaltsjahr 1994/95 zuzurechnen (Wasserwert des Schnees, der vor dem 1. 10. 1995 gefallen ist.). Somit verbleiben für den Wasserwert der Winterschneedecke vom 1. 10. 1995 bis zum 25. 4. 1996 540 mm.

3.2 Der Sommer 1996

Der Sommer 1996 (Mai - September) war zu kalt und vom Niederschlag her überdurchschnittlich. In Galtür betrug der Mittelwert der Temperatur 8,5 °C (1995 8,6 °C), das entspricht einer Abweichung von -0,8 °C. Mai und Juni waren zu warm, der Mai mit 6,6 °C um 0,5 ° und der Juni mit 10,4 °C um 0,8 °. Juli, August und September hingegen waren zu kalt, der Juli mit 10,4 °C um 1,1 °, der August mit 10,1 °C um 0,9 ° und der September mit 4,8 °C um 3,6°. Die Niederschlagssumme der fünf Sommermonate betrug 722 mm, das sind 128 % des langjährigen Mittels von 566 mm. Alle fünf Monate waren zu feucht, die größte monatliche Niederschlagsmenge fiel im September mit 165 mm, das sind 188 % des Mittelwertes von 88 mm.

Der Beginn der Eisablation lag wegen der geringen Niederschlagsmenge im Winter beim Pegel 1 bereits Anfang Juni und beim Pegel 6 um den 1. Juli 1996. Der Abbau der Schneedecke und die Ablation schritten im Juni, Juli und auch im August trotz einiger Neuschneefälle rasch fort. Ähnlich wie im Vorjahr beendete eine Kaltfront mit recht ergiebigen Schneefällen am 28. August die Ablationsperiode.

Das hydrologische Jahr 1995/96 entsprach in Galtür mit 2,5 °C und mit 1048 mm in etwa dem langjährigen klimatologischen Mittel.

Beim Vergleich mit langjährigen Mittelwerten muß man beachten, daß die Klimastation Galtür 1974 und 1987 verlegt wurde und heute ca. 50 m über dem Talboden liegt.

Galtür Monat	Temperatur Grad C		Niederschlag mm	
	1995/96	Mittel 1951-1980	1995/96	Mittel 1951-1980
Oktober	6,6	3,6	8	57
November	- 2,2	-1,7	58	60
Dezember	- 4,7	-5,2	53	55
Januar	- 3,3	-6,3	6	55
Februar	- 6,9	-5,4	25	48
März	- 4,0	-2,4	51	51
April	1,8	1,2	44	50
Winter	- 1,8	- 2,3	245	376
Mai	6,6	6,1	106	76
Juni	10,4	9,6	136	118
Juli	10,4	11,5	160	144
August	10,1	11,0	155	140
September	4,8	8,2	165	88
Sommer	8,5	9,3	722	566
hydr. Jahr	2,5	2,5	967	942

Tabelle 2: Klimadaten 1995/96 an der Station Galtür in 1648 m Seehöhe.

4. Der Massenhaushalt des Jamtal Ferners 1995/96

4.1 Die Winterbilanz 1995/96

Vom 24. - 25. April 1996 wurde die Frühjahrsbegehung zur Bestimmung der winterlichen Schneerücklage durchgeführt. Insgesamt wurden 11 Schächte zwischen 2480 m und 3050 m Seehöhe bis zur Gletscheroberfläche des vergangenen Herbstes bzw. Sommers gegraben, wobei die Identifikation dieses sogenannten Herbsthorizontes größere Schwierigkeiten bereitete. Besser und eindeutig zu erkennen war hingegen die Eisoberfläche bzw. die Firnoberfläche vom Ende des "Sommers" am 27. 8. 1995. Um die dem fixen Haushaltsjahr 1. 10. 1995 - 30. 4. 1996 entsprechende Rücklage zu bestimmen, mußte daher der aus den Schächten gewonnene Gesamtwasserwert um den Wasserwert des Schnees, der zwischen dem 27. 8. und dem 30. 9. 1995 gefallen ist,

reduziert werden. Zwischen den Schächten wurde an 110 Stellen die Schneetiefe sondiert. Abbildung 2 gibt die Lage der Schächte und der Sondierungen wieder, Tabelle 3 ihre Tiefe und Dichte sowie den Wasserwert.

Die Integration dieser Werte über die einzelnen Höhenstufen ergibt einen Wasserwert von

$$B_{wi} = 2,28 \times 10^6 \text{ m}^3$$

für die gesamte Winterbilanz. Das entspricht umgerechnet auf die Fläche einer mittleren spezifischen Winterbilanz von 600 mm. Tabelle 4 gibt die Winterbilanz des Jamtal Ferners, aufgeteilt nach Höhenstufen, wieder.

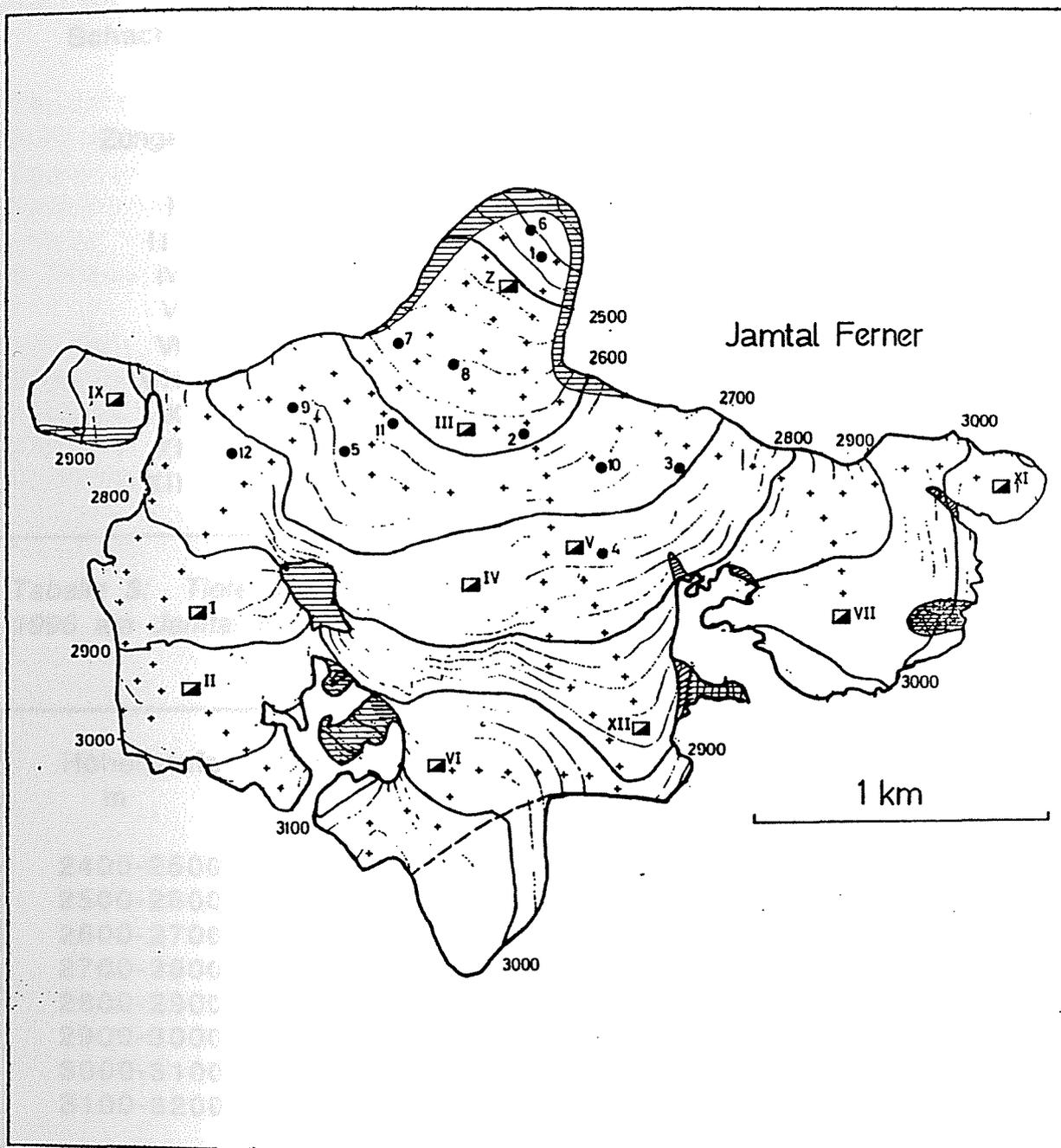


Abbildung 2: Lage der Schneeschächte (Quadrate), Sondierungen (Kreuze) und Pegel (Punkte) am Jamtal Ferner im April 1996. Die Meßergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefaßt.

Schacht	Seehöhe m	Tiefe cm	Dichte kg m ⁻³	Wasserwert mm
Zunge	2450	136	366	500
I	2850	273	387	1060
II	2920	312	402	1260
III	2600	194	406	790
IV	2730	215	369	790
V	2720	196	376	740
VI	2960	299	403	1200
VII	2920	248	374	930
IX	2850	273	407	1110
XI	3050	212	366	780
XII	2850	213	367	780

Tabelle 3: Tiefe, Dichte und Wasserwerte der Schneeschächte vom April 1996 am Jamtal Ferner.

Höhenstufe m	Fläche km ²	Bilanz 10 ³ m ³	Wasserwert mm
2400-2500	0,087	47	540
2500-2600	0,364	188	420
2600-2700	0,625	371	590
2700-2800	0,769	477	620
2800-2900	0,786	438	560
2900-3000	0,843	541	640
3000-3100	0,298	203	680
3100-3200	0,014	10	700
2400-3200	3,786	2276	600

Tabelle 4: Winterbilanz des Jamtal Ferners nach Höhenstufen. Die Werte gelten für die Zeit vom 1. Oktober 1995 bis 1. Mai 1996.

4.2 Die Jahresbilanz des Jamtal Ferners

Die Jahresbilanz wird in ähnlicher Weise errechnet, nur kommt zu den Schneeschächten im Akkumulationsgebiet noch die Messung des Eisverlustes mit Ablationspegeln im Zehrgebiet hinzu. Die Ablationspegel wurden im Herbst 1988 eingebohrt und während des Jahres 1996 mehrmals kontrolliert, die Herbstbegehung fand vom 4. bis 6. Oktober 1996 statt.

Mit dem sogenannten fixen glaziologischen Haushaltsjahr werden die Bilanzwerte für die Zeit vom 1. Oktober bis zum 30. September des nächsten Jahres bestimmt, unabhängig davon, wann das Ende der Ablation tatsächlich eintrat. Da dieses Ende der Ablation ja in Wirklichkeit an verschiedenen Punkten des Gletschers zu verschiedenen Zeiten eintritt, ist die pragmatische Verwendung des fixen Haushaltsjahrs vorzuziehen.

Die Lage der Pegel und der Schneeschächte ist in Abbildung 2 wiedergegeben, die Jahres-Ablations-Werte der Pegel und die Jahresrücklagenwerte der Schächte in mm Wasser in Tabelle 5.

Pegel Nr.	Wasserwert mm	Pegel Nr.	Wasserwert mm
1	- 3700	7	- 1500
2	- 1550	8	- 1880
3	- 1110	9	- 1540
4	- 750	10	- 1080
5	- 1290	11	- 1490
6	- 2580	12	- 1040

Schacht Nr.	Tiefe cm	Dichte kgcm ⁻³	Wasserwert mm
I			0
II	188	464	870
VI	170	451	770
VII			0
XI			- 90

Tabelle 5: Wasserwerte der Pegel und Schächte am Jamtal Ferner am 30. 9. 1996.

Das Ergebnis dieser Messungen ist in Abbildung 3 in Form von Isolinien der Wasserwerte dargestellt, die daraus gewonnenen Haushaltswerte sind in den Tabellen 6 und 7 dargestellt. Die Sommerbilanz wurde als Differenz zwischen Jahreswert und Winterwert berechnet

$$b = b_{wi} + b_{so} \quad \text{und daher} \quad b_{so} = b - b_{wi}$$

$$\text{und außerdem} \quad b_{wi} = B_{wi} / S \quad \text{und} \quad b_{so} = B_{so} / S$$

In Tabelle 7 wurden die Jahreswerte auch nach Flächen mit Netto-Akkumulation S_c und Flächen mit Netto-Ablation S_a getrennt. Die Gesamtbilanzen dieser Flächen sind B_c und B_a , die entsprechenden mittleren spezifischen Bilanzen sind b_c und b_a . Dabei gelten folgende Zusammenhänge:

$$S = S_c + S_a$$

$$B = B_c + B_a$$

$$b = B / S \quad b_c = B_c / S_c \quad b_a = B_a / S_a$$

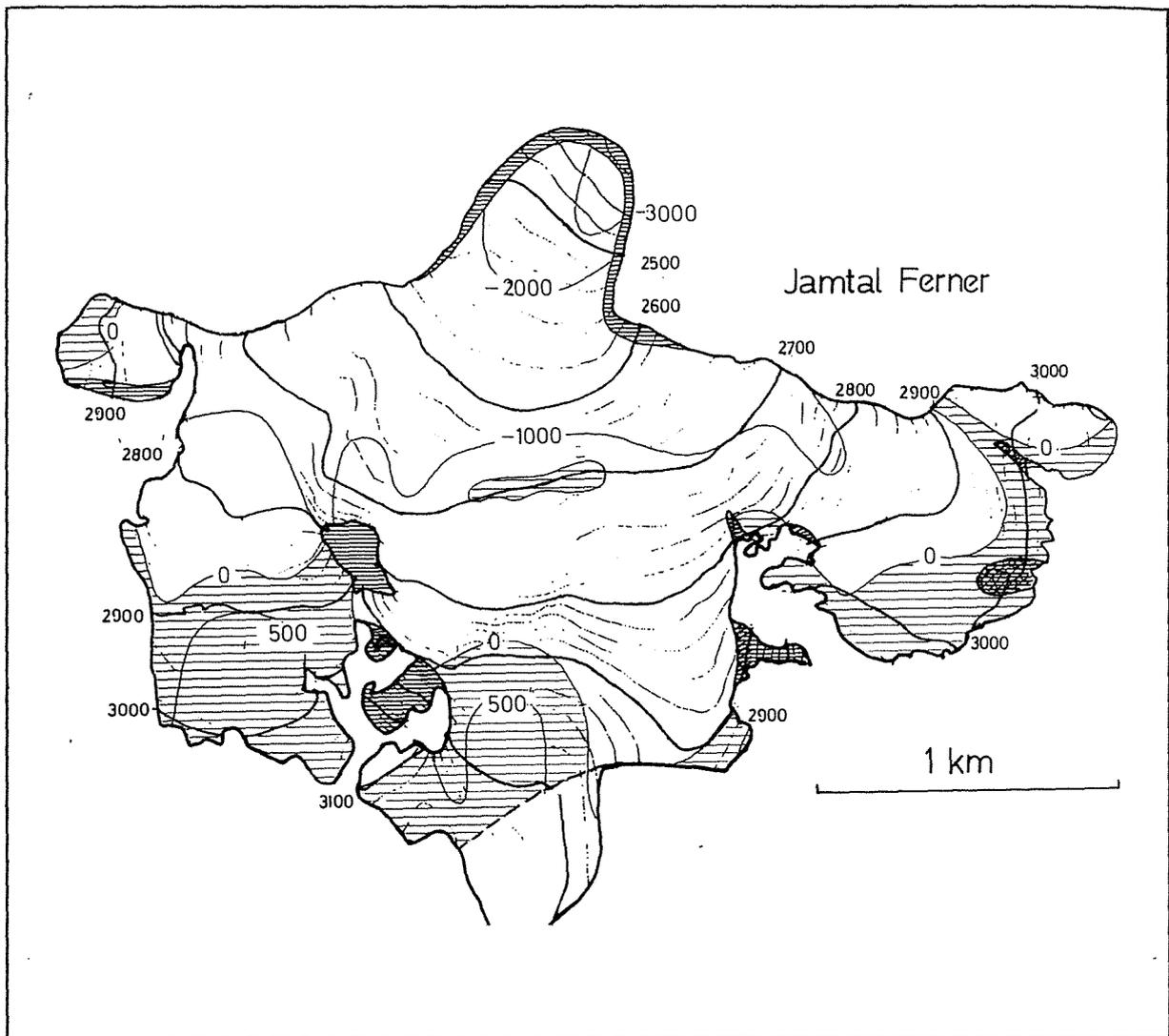


Abbildung 3: Isolinien des spezifischen Massenhaushaltes am Jamtal Ferner in mm Wasseräquivalent, gültig für den 30. 9. 1996. Die Flächen mit Nettoakkumulation sind blau weit schraffiert, die Teile des Gletschers, die seit der Kartenaufnahme ausgeapert sind, sind eng schraffiert.

Höhenstufe	Fläche	Gesamt -bilanz	spezifische Bilanz		
			1995/96	Winter	Sommer
m	km ²	10 ³ m ³	mm	mm	mm
2400-2500	0,087	- 257	- 2950	540	- 3490
2500-2600	0,364	- 684	- 1880	420	- 2300
2600-2700	0,625	- 680	- 1090	590	- 1680
2700-2800	0,769	- 562	- 730	620	- 1350
2800-2900	0,789	- 168	- 210	560	- 770
2900-3000	0,843	171	200	640	- 440
3000-3100	0,298	94	310	680	- 370
3100-3200	0,014	0	- 10	700	- 710

Tabelle 6: Die spezifische Massenbilanz am Jamtal Ferner 1995/96 nach Höhenstufen und Jahreszeiten. Die spezifischen Bilanzen sind als Wasseräquivalent angegeben: 1 mm entspricht 1 kg m⁻².

Akkumulationsgebiet		Flächenverhältnis	
S _c	1,271 km ²	S _c /S	0,34
B _c	0,40 x 10 ⁶ m ³		
b _c	313 mm		
Ablationsgebiet		mittlere Höhe der Gleichgewichtslinie	
S _a	2,515 km ²		
B _a	- 2,49 x 10 ⁶ m ³		2900 m
b _a	- 988 mm		
Bilanz			
S	3,786 km ²		
B	- 2,09 x 10 ⁶ m ³		
b	- 550 mm		
Winter		Sommer	
B _{wi}	2,28 x 10 ⁶ m ³	B _{so}	- 4,37 x 10 ⁶ m ³
b _{wi}	600 mm	b _{so}	- 1150 mm

Tabelle 7: Kennzahlen der Massenbilanz 1995/96 des Jamtal Ferners.

Die mittlere Höhe der Gleichgewichtslinie wird üblicherweise aus dem Höhenverlauf der spezifischen Jahresbilanz bestimmt, wie er in Abbildung 4 wiedergegeben ist. Naturgemäß ergibt sich bei den Werten der Sommer- und Jahresbilanz im Gegensatz zu den Wintermessungen eine starke Abhängigkeit von der Höhe, wie es in Abbildung 4 anschaulich dargestellt ist.

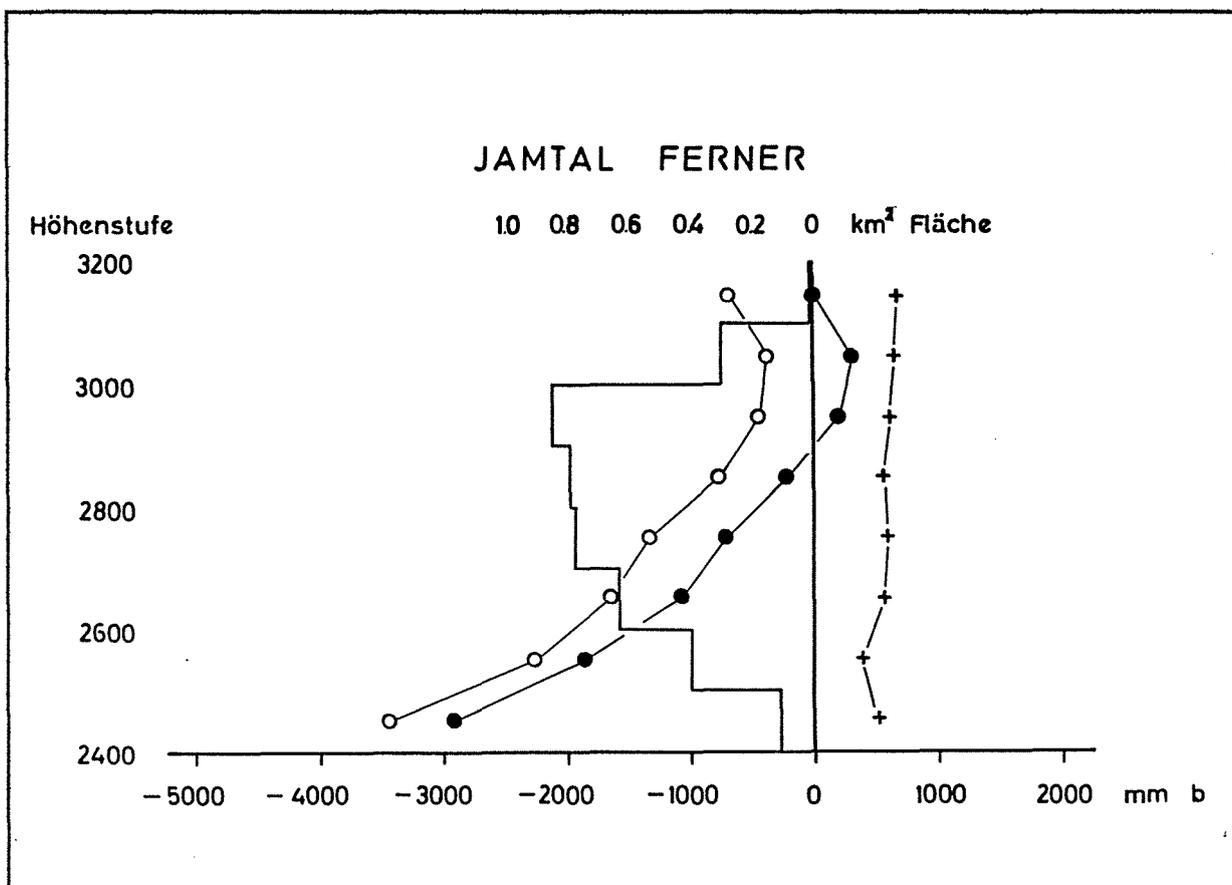


Abbildung 4: Die Verteilung der Flächen des Jamtal Ferners (durchgezogene Linie) und der Flächenmittel der spezifischen Jahresbilanz b (1.10.95 - 30.9.96 Punkte), der Winterbilanz b_{wi} (1.10.95 - 30.4.96 Kreuze) und der Sommerbilanz b_{so} (1.5. - 30.9.96 Kreise) für 100-m-Höhenstufen .

Insgesamt brachte das Haushaltsjahr 1995/96 wieder eine negative Bilanz, wie es in Tabelle 8 im Vergleich mit den Vorjahren zum Ausdruck kommt.

	b	b _{wi}	b _{so}	h	Sc/S
	mm	mm	mm	m	
1988/89	- 440	1050	- 1490	2870	0,34
1989/90	- 430	1150	- 1580	2900	0,32
1990/91	- 1440	780	- 2220	-	0,10
1991/92	- 1240	1450	- 2690	-	0,07
1992/93	- 370	1280	- 1650	2860	0,44
1993/94	- 830	1300	- 2120	-	0,18
1994/95	- 150	1430	- 1590	2830	0,63
1995/96	- 550	600	- 1150	2900	0,34

Tabelle 8: Vergleich der Kennzahlen des Massenhaushalts seit 1988/89.

6. Längenänderungen der Gletscherzungen

Nach den Messungen des Österreichischen Alpenvereins veränderte sich die Position des Zungenendes entsprechend der negativen Bilanz wie folgt:

Jamtal Ferner 1995/96:	- 12,1 m
seit 1969:	- 179,0 m

7. Mitarbeiter

Die Feldarbeiten wurden von G. Markl geleitet und mit Hilfe von H. Balassa, M. Buchauer, T. Erlacher, D. Floricioiu, J. Klein, M. Massimo, T. Pichler, V. Strelj und U. Wörz durchgeführt, die Analyse stammt von G. Markl, der Bericht von M. Kuhn und G. Markl. Für die Überlassung von Klimadaten wird Herrn Dr. K. Gabl von der Wetterdienststelle Innsbruck gedankt.