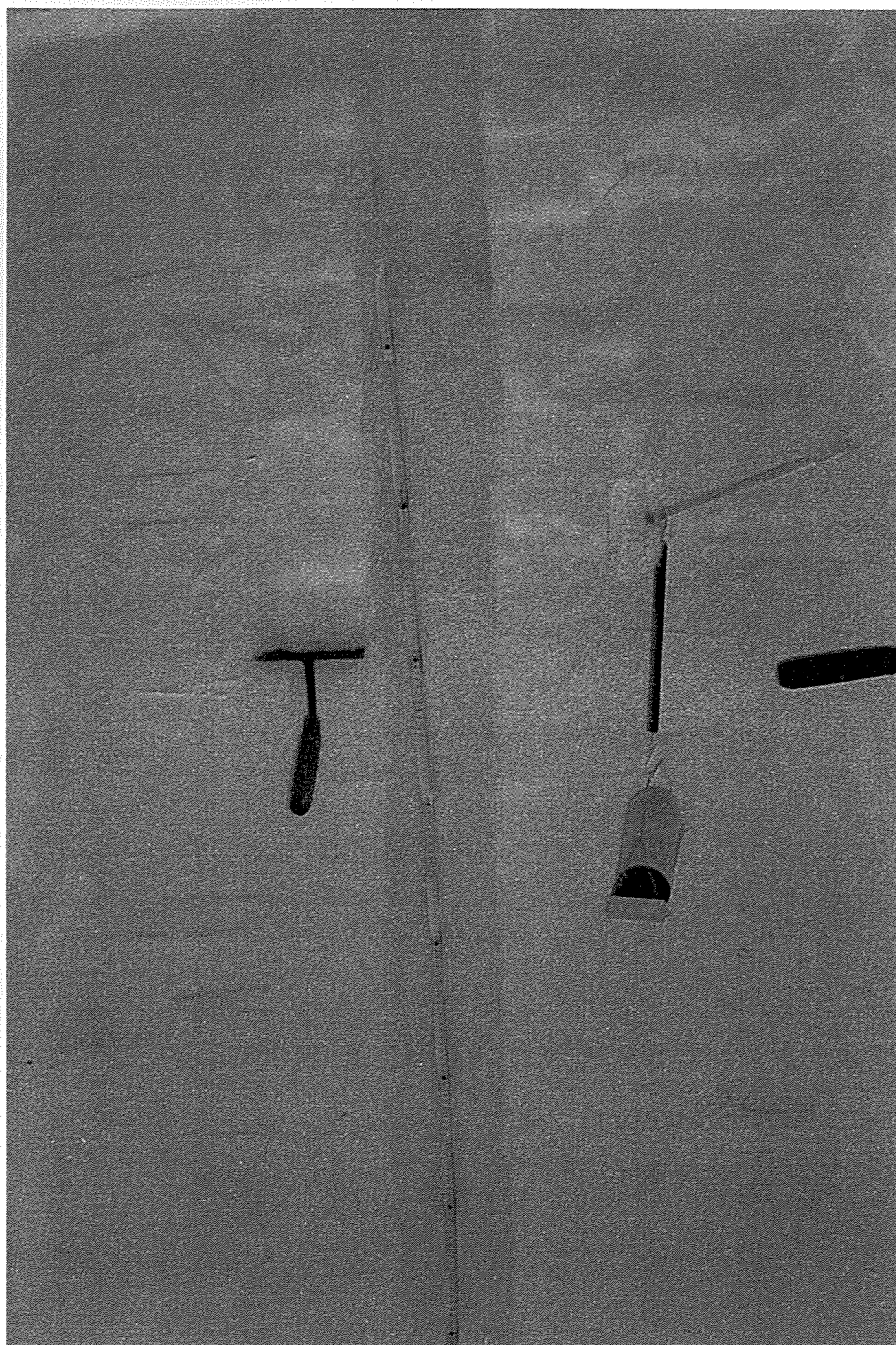


Jamtal Ferner

Massenhaushalt 2000/2001



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

Jamtal Ferner Massenhaushalt 2000/2001

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 2000/2001

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
	2001	3,65	km ²
Höchster Punkt		3160	m
Tiefster Punkt	2001	2420	m
Gletscherlänge	2001	2,5	km
Exposition:			
Akkumulationsgebiet		Nord, teilweise West	
Ablationsgebiet		Nord	

Tabelle 1: Topographische Kennzahlen des Jamtal Ferners

Die Abbildung 1 zeigt, 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.

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 Gletscheroberfläche graben und aus seiner Tiefe und der gemessenen Schneedichte den Wasserwert bestimmen. Die dazu nötigen Feldarbeiten und Kontrollmessungen wurden am 19. und 20. 9. 2000, vom 3. bis 6. 5. 2001, am 26. 7., 18. 8. und vom 27. bis 29. 9. 2001 durchgeführt.

3. Witterungsverlauf 2000/2001:

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 2000/2001

Die Temperatur des Winters 2000/2001 (Oktober - April) lag mit $-1,0^{\circ}\text{C}$ um $1,3^{\circ}\text{C}$ über dem langjährigen Mittelwert (1951 - 1980) von $-2,3^{\circ}\text{C}$. Mit Ausnahme des Aprils waren alle anderen Monate zu warm, der Dezember 2000 um $2,6^{\circ}$ und der März sogar um $3,7^{\circ}$. Im April hingegen lag die Mitteltemperatur 2001 bei $0,1^{\circ}$ und war damit um $1,1^{\circ}$ zu kalt.

Die Niederschlagsmenge lag eindeutig über dem langjährigen Mittelwert. Insgesamt wurden 527 mm Niederschlag gemessen, das entspricht 140 % des Mittels (1951 - 1980). Besonders viel Niederschlag fiel im November mit 102 mm.

3.2 Der Sommer 2001

Der Sommer 2001 (Mai bis September) war, wie in den letzten vier Jahren zu warm und auch zu feucht. In Galtür betrug der Mittelwert der Temperatur $9,9^{\circ}\text{C}$, das entspricht einer Abweichung von $0,6^{\circ}\text{C}$. Zu warm waren besonders der Mai mit $9,5^{\circ}\text{C}$ (Abweichung $+3,4^{\circ}\text{C}$), der Juli mit $12,5^{\circ}\text{C}$ (Abweichung $+1,0^{\circ}\text{C}$) und der

August mit 13,1°C (Abweichung +2,1°C). Zu kalt hingegen waren der Juni mit 9,0°C, -0,5°C gegenüber den Mai 2001 oder -0,6 Grad gegenüber dem Mittel 1951-1980, und besonders der September mit 5,2°C (Abweichung -3,0°C).

Die Niederschlagsmenge betrug 771mm, das sind 136% des langjährigen Mittelwertes 1951-1980 von 566mm. Zu feucht waren besonders der Juni mit 250mm (Abweichung 212%) und der September mit 166mm (Abweichung 189%). Zu trocken war nur der Mai mit 55mm (Abweichung 72%).

Die Witterung des Sommers war bestimmt durch zu hohe Temperaturen, die zwar eine späte, dafür aber eine heftige Ablation bewirkten und durch einen zu kalten und gleichzeitig zu feuchten September, sodaß mit Anfang September die Ablation am Gletscher beendet war.

Beim Niederschlagssammler Jamtal Ferner Zunge wurden zwischen 12. 10. 2000 und 2. 5. 2001 958 mm Niederschlag gemessen, die doppelte Menge wie in Galtür im selben Zeitraum. Zwischen 2. 5. und 27. 9. 2001 wurden am Regenmesser 999 mm gemessen, das sind 130% des Niederschlags von Galtür (767mm).

Galtür	Temperatur		Niederschlag	
	Grad C	Mittel	mm	Mittel
	2000/2001	1951 - 1980	2000/2001	1951 - 1980
Oktober	5,4	3,6	77	57
November	-1,7	-1,7	102	60
Dezember	-2,6	-5,2	24	55
Januar	-5,6	-6,3	42	55
Februar	-3,8	-5,4	95	48
März	1,3	-2,4	101	51
April	0,1	1,2	83	50
Winter	-1,0	-2,3	524	376
Mai	9,5	6,1	55	76
Juni	9,0	9,6	250	118
Juli	12,5	11,5	143	144
August	13,1	11,0	157	140
September	5,2	8,2	166	88
Sommer	9,9	9,3	771	566
hydr. Jahr	3,5	2,5	1295	942

Tabelle 2: Klimadaten 2000/2001 an der Station Galtür in 1648 m Seehöhe.



Abbildung 2: Die Schneebedeckung am Jamtal Ferner am 26.7. und 17.8.2001. Die rot schraffierten Flächen sind mit Altschnee bedeckt.

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.

4. Der Massenhaushalt des Jamtal Ferners 2000/2001

4.1 Die Winterbilanz 2000/2001

Vom 3. bis 6. 5. 2001 wurde die Frühjahrsbegehung zur Bestimmung der winterlichen Schneerücklage durchgeführt. Insgesamt wurden 7 Schächte zwischen 2480 m und 3050 m Seehöhe bis zur Gletscheroberfläche des vergangenen Herbstes gegraben. Zwischen den Schächten wurde im Abstand von 300 Schritten die Schneetiefe sondiert. Abbildung 3 gibt die Lage der Schächte wieder, Tabelle 3 ihre Tiefe und Dichte sowie den Wasserwert.

Die Integration dieser Werte über die einzelnen Höhenstufen ergibt einen Wasserwert von $B_{wi} = 5.18 \times 10^6 \text{ m}^3$ für die gesamte Winterbilanz. Das entspricht umgerechnet auf die Fläche einer mittleren spezifischen Winterbilanz von $b_{wi} = 1481 \text{ mm}$. Tabelle 4 gibt die Winterbilanz des Jamtal Ferners, aufgeteilt nach Höhenstufen, wieder.

$$B_{wi} = 5.18 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$b_{wi} = 1481 \text{ mm}$$

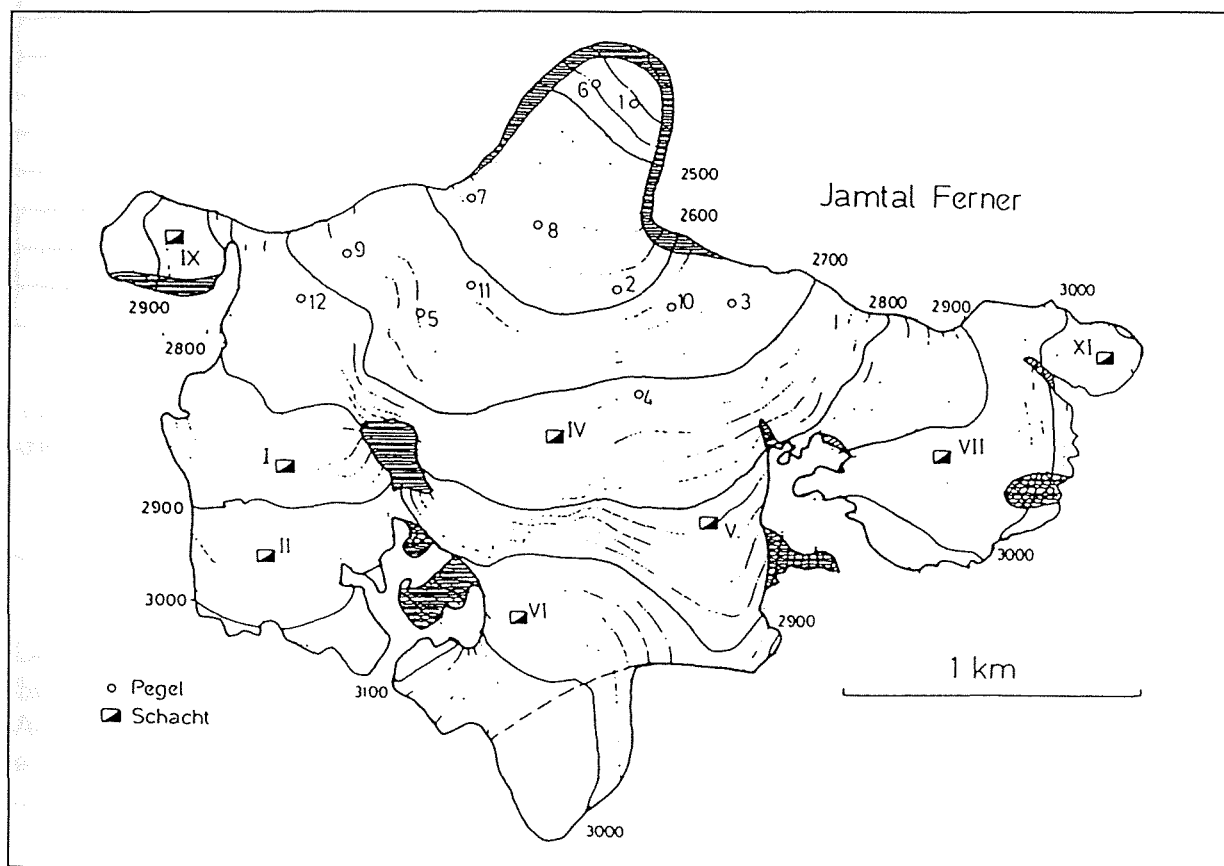


Abbildung 3: Lage der Schneeschächte (Quadrate) und Pegel (Punkte) am Jamtal Ferner im April 2001. Die Messergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Schacht	Seehöhe	Tiefe	Dichte	Wasserwert
	m	cm	kg m ⁻³	mm
I	2850	287	368	1060
II	2920	424	394	1670
IV	2730	315	368	1160
VI	2960	310	385	1190
VII	2920	341	386	1320
IX	2850	405	403	1630
XI	3050	333	390	1300

Tabelle 3: Tiefe, Dichte und Wasserwerte der Schneeschächte vom Mai 2001 am Jamtal Ferner.

Höhenstufe	Fläche	Bilanz	Wasserwert
m	km ²	10 ³ m ³	mm
2400 - 2500	0,056	71	1260
2500 - 2600	0,344	471	1370
2600 - 2700	0,566	809	1430
2700 - 2800	0,753	1122	1490
2800 - 2900	0,780	1053	1350
2900 - 3000	0,843	1222	1450
3000 - 3100	0,298	417	1400
3100 - 3200	0,014	20	1400
2400 - 3200	3,654	5185	1420

Tabelle 4: Winterbilanz des Jamtal Ferners nach Höhenstufen. Die Werte gelten für die Zeit vom 1. Oktober 2000 bis 30. April 2001.

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 2000 mehrmals kontrolliert, die Herbstbegehung fand vom 19. bis 20. September 2001 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 Ablationspegel und der Schneeschächte ist in Abbildung 3 wiedergegeben, die Jahres-Ablations-Werte der Pegel in mm Wasser in Tabelle 5, die Jahres-Akkumulations-Werte der Schächte in Tabelle 6.

Pegel	Wasserwert	Pegel	Wasserwert
Nr.	mm	Nr.	mm
1	-2620	7	-950
2	-1110	8	-1240
3	-790	9	-770
5	-740	10	-500
6	-1300	11	-1080

Tabelle 5: Wasserwerte der Ablation an den Pegeln am Jamtal Ferner vom 1. 10. 2000 bis 30.9.2001.

Schacht	Seehöhe	Tiefe	Dichte	Wasserwert
	m	cm	kgm-3	mm
1	2850	85	340	290
2	2920	281	451	1270
4	2750	72	348	250
6	2960	179	425	760
7	2920	144	436	630
9	2850	208	408	850
11	3050	164	444	730
12	2850	70	372	260

Tabelle 6: Wasserwerte der Schneeschächte am Jamtal Ferner. Die Werte entsprechen der Jahresrücklage 1.10.2000 – 30.09.2001.

Das Ergebnis dieser Messungen ist in Abbildung 4 in Form von Isolinien der Wasserwerte dargestellt, die daraus gewonnenen Haushaltswerte sind in den Tabellen 7 und 8 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 8 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:

$$S = S_c + S_a$$

$$B = B_c + B_a$$

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

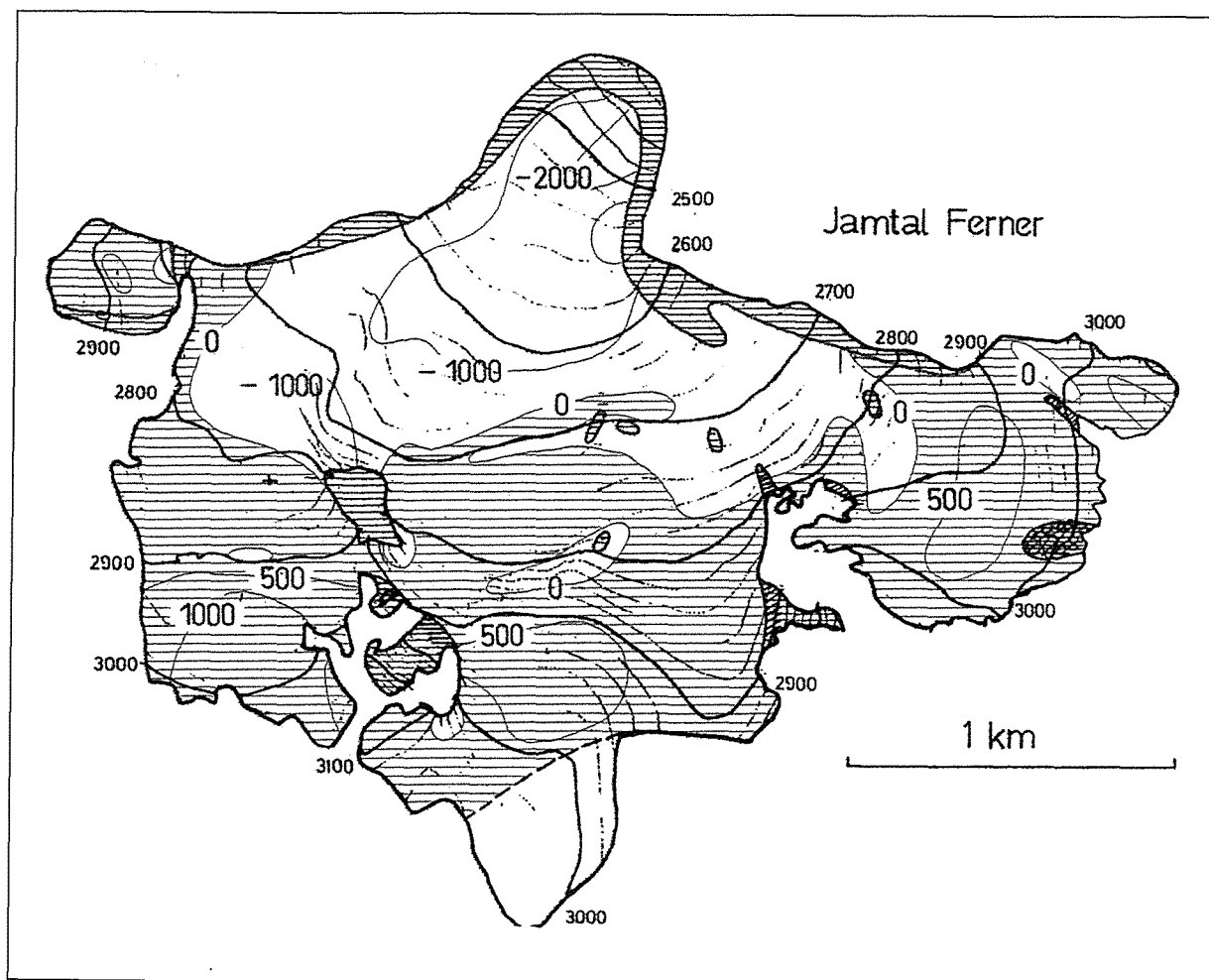


Abbildung 4: Isolinien des spezifischen Massenhaushaltes am Jamtal Ferner in mm Wasseräquivalent, gültig für den 30. 9. 2001. Die Flächen mit Nettoakkumulation sind rot schraffiert, die Teile des Gletschers, die seit der Kartenaufnahme ausgeapert sind, sind eng schraffiert.

Höhenstufe	Fläche	Gesamt- bilanz	spezifische Bilanz		
			2000/01	Winter	Sommer
m	km ²	10 ³ m ³	mm	mm	mm
2400 - 2500	0,056	-100	-1790	1260	-3050
2500 - 2600	0,344	-415	-1210	1370	-2580
2600 - 2700	0,566	-361	-640	1430	-2070
2700 - 2800	0,753	-100	-130	1490	-1620
2800 - 2900	0,780	169	220	1350	-1130
2900 - 3000	0,843	444	530	1450	-920
3000 - 3100	0,298	129	430	1400	-970
3100 - 3200	0,014	8	340	1400	-1060

Tabelle 7: Die spezifische Massenbilanz am Jamtal Ferner 2000/01 nach Höhenstufen und Jahreszeiten. Die spezifischen Bilanzen sind als Wasseräquivalent angegeben: 1 mm entspricht 1 kg m⁻².

Akkumulationsgebiet			Flächenverhältnis
S _c	2,238 km ²		S _c /S 0,61
B _c	0,86 x 10 ⁶ m ³		
b _c	385 mm		
Ablationsgebiet			Gleichgewichtslinie
			2780 m
S _a	1,416 km ²		
B _a	-1,09 x 10 ⁶ m ³		
b _a	-769		
Jahresbilanz			
S	3,654 km ²		
B	-0,23 x 10 ⁶ m ³		
b	-62 mm		
Winter			Sommer
B _{wi}	5,18 x 10 ⁶ m ³	B _{so}	-5,41 x 10 ⁶ m ³
b _{wi}	1418 mm	b _{so}	-1480 mm

Tabelle 8: Kennzahlen der Massenbilanz 2000/01 des Jamtal Ferners.

Die mittlere Höhe der Gleichgewichtslinie wird üblicherweise aus dem Höhenverlauf der spezifischen Jahresbilanz bestimmt, wie er in Abbildung 5 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.

Das Haushaltsjahr 2000/2001 kann man als ausgeglichen betrachten.

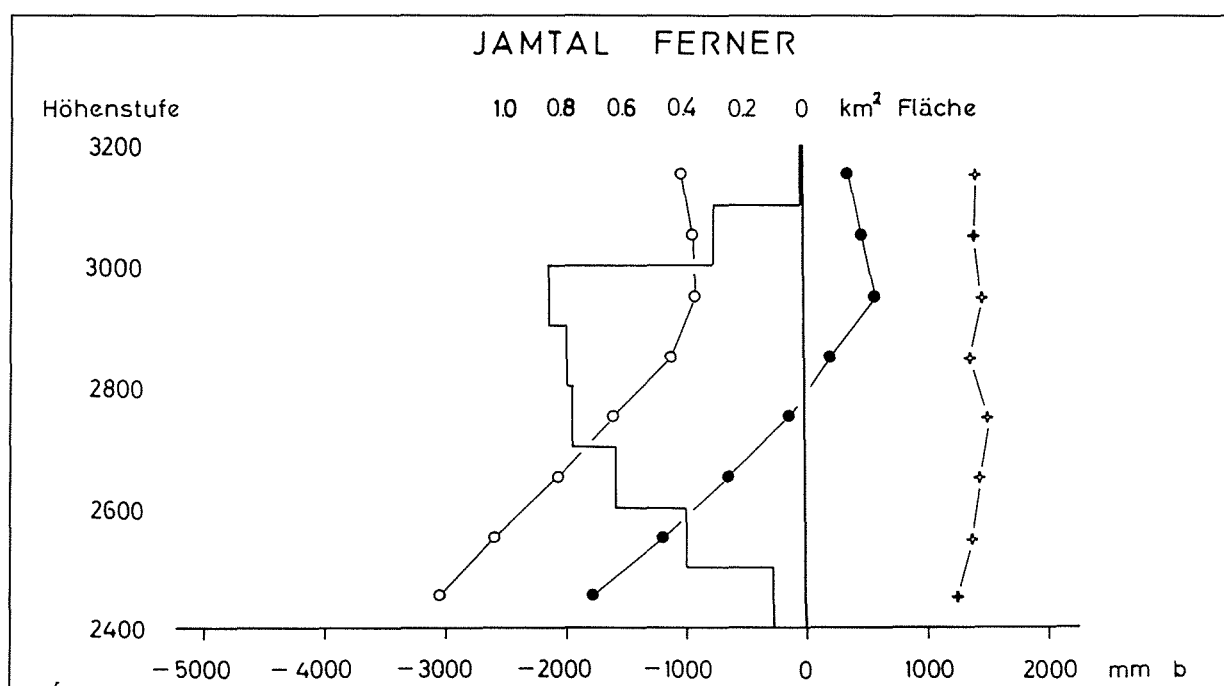


Abbildung 5: Die Verteilung der Flächen des Jamtal Ferners (durchgezogene Linie) und der Flächenmittel der spezifischen Jahresbilanz b (1.10.00 - 30.9.01 Punkte), der Winterbilanz b_{wj} (1.10.00 - 30.4.01 Kreuze) und der Sommerbilanz b_{so} (1.5. - 30.9.01 Kreise) für 100-m-Höhenstufen.

Jamtal	S _c	B _c	b _c	S _a	B _a	b _a	S	B
	km ²	10 ⁶ m ³	mm	km ²	10 ⁶ m ³	mm	km ²	10 ⁶ m ³
1988/89	1,31	0,42	320	2,54	-2,12	-834	3,85	-1,70
1989/90	1,23	0,29	236	2,62	-1,93	-736	3,85	-1,64
1990/91	0,38	0,07	183	3,46	-5,61	-1620	3,85	-5,54
1991/92	0,26	0,03	118	3,59	-4,77	-1328	3,85	-4,74
1992/93	1,69	0,65	385	2,16	-2,08	-965	3,85	-1,43
1993/94	0,69	0,11	159	3,15	-3,29	-1044	3,85	-3,18
1994/95	2,40	0,60	250	1,40	-1,15	-823	3,80	-0,55
1995/96	1,27	0,40	315	2,52	-2,49	-990	3,79	-2,09
1996/97	2,10	0,62	295	1,68	-1,44	-856	3,79	-0,82
1997/98	0,33	0,07	210	3,45	-5,06	-1468	3,78	-4,99
1998/99	1,78	0,50	283	2,00	-1,47	-739	3,78	-0,97
1999/2000	2,28	0,83	364	1,39	-1,13	-810	3,68	-0,30
2000/2001	2,24	0,86	385	1,41	-1,09	-769	3,65	-0,23
Summe	17,96	5,45	3503	31,37	-33,63	-12982	49,37	27,95
Mittel	1,38	0,42	260	2,41	-2,59	-999	3,80	-2,33
	b	b _s	b _w	Ela	S _c /S			
	mm	mm	mm	m				
1988/89	-441	-1492	1051	2870	0,34			
1989/90	-426	-1583	1157	2900	0,32			
1990/91	-1440	-2220	780	****	0,10			
1991/92	-1232	-2680	1448	****	0,07			
1992/93	-372	-1650	1278	2860	0,44			
1993/94	-827	-2120	1293	****	0,18			
1994/95	-145	-1590	1445	2820	0,63			
1995/96	-552	-1150	598	2900	0,34			
1996/97	-217	-1620	1403	2800	0,56			
1997/98	-1320	-2340	1020	****	0,09			
1998/99	-257	-1945	1688	2870	0,47			
1999/2000	-81	-1631	1550	2765	0,62			
2000/2001	-62	-1480	1418	2780	0,61			
Summe	-7371							
Mittel	-567	-1808	1240		0,36			

Tabelle 9: 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	2000/2001	seit 1969
	-9,0	-223,6

7. Mitarbeiter

Die Feldarbeiten wurden von G. Markl geleitet und mit Hilfe von A. Würtele, R. Klier, D. Floricioiu und S. Oitzl 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.