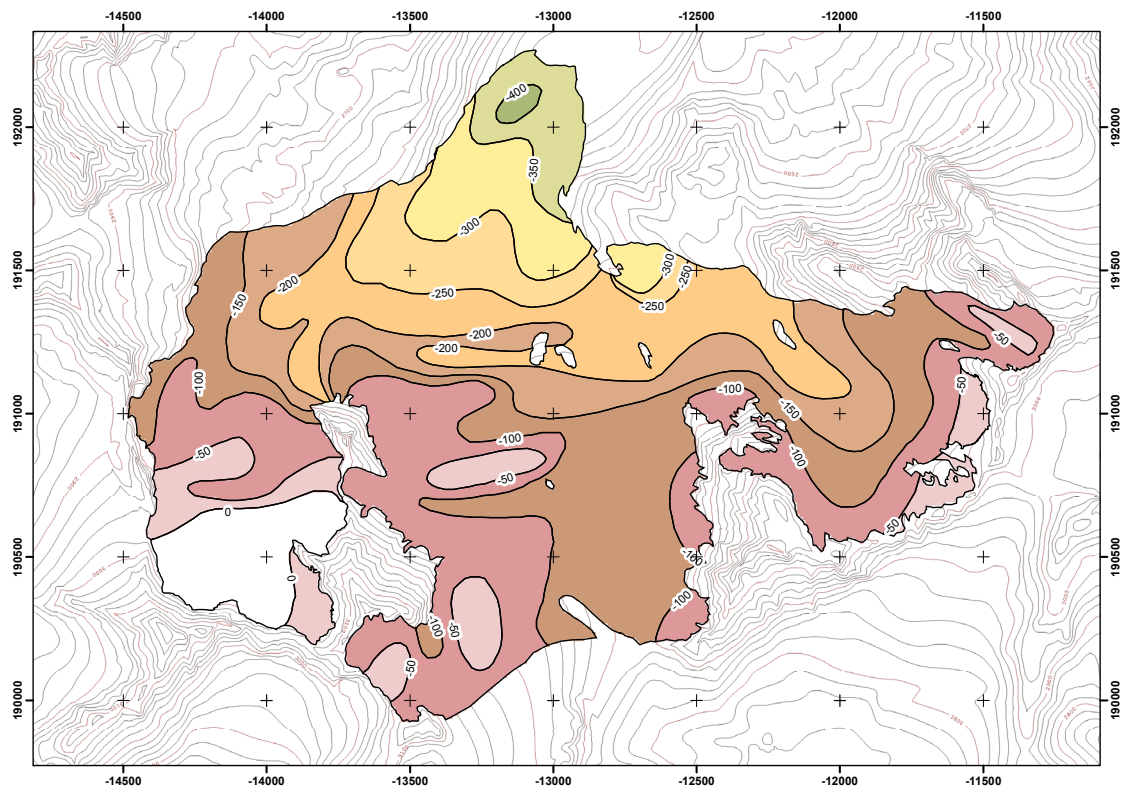


Jamtal Ferner

Massenhaushalt 2006/2007



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

Jamtal Ferner Massenhaushalt 2006/2007

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 2006/2007

1. Die Lage des Untersuchungsgebiets

Der Jamtal Ferner entwässert über das Jamtal in die Trisanna im Einzugsgebiet des Inn. Mit einer Fläche von 3.4 km² hat er an der gesamten vergletscherten Fläche des Jamtals heute einen Anteil von rund 50 %. Die gegenüber den Vorjahren vergrößerte Fläche beruht nicht auf einem Gletschervorstoß, sondern auf eine veränderte Kartenunterlage. Weitere topographische Daten sind in Tabelle 1 angeführt.

Jamtal Ferner		
Fläche im Jahr	1969	4.13 km ²
	2007	3.43 km ²
Höchster Punkt		3160 m
Tiefster Punkt	2007	2425 m
Gletscherlänge	2007	2.3 km
Exposition:		
Akkumulationsgebiet	Nord, teilweise West	
Ablationsgebiet	Nord	

Tabelle 1: Topographische Kennzahlen des Jamtal Ferners

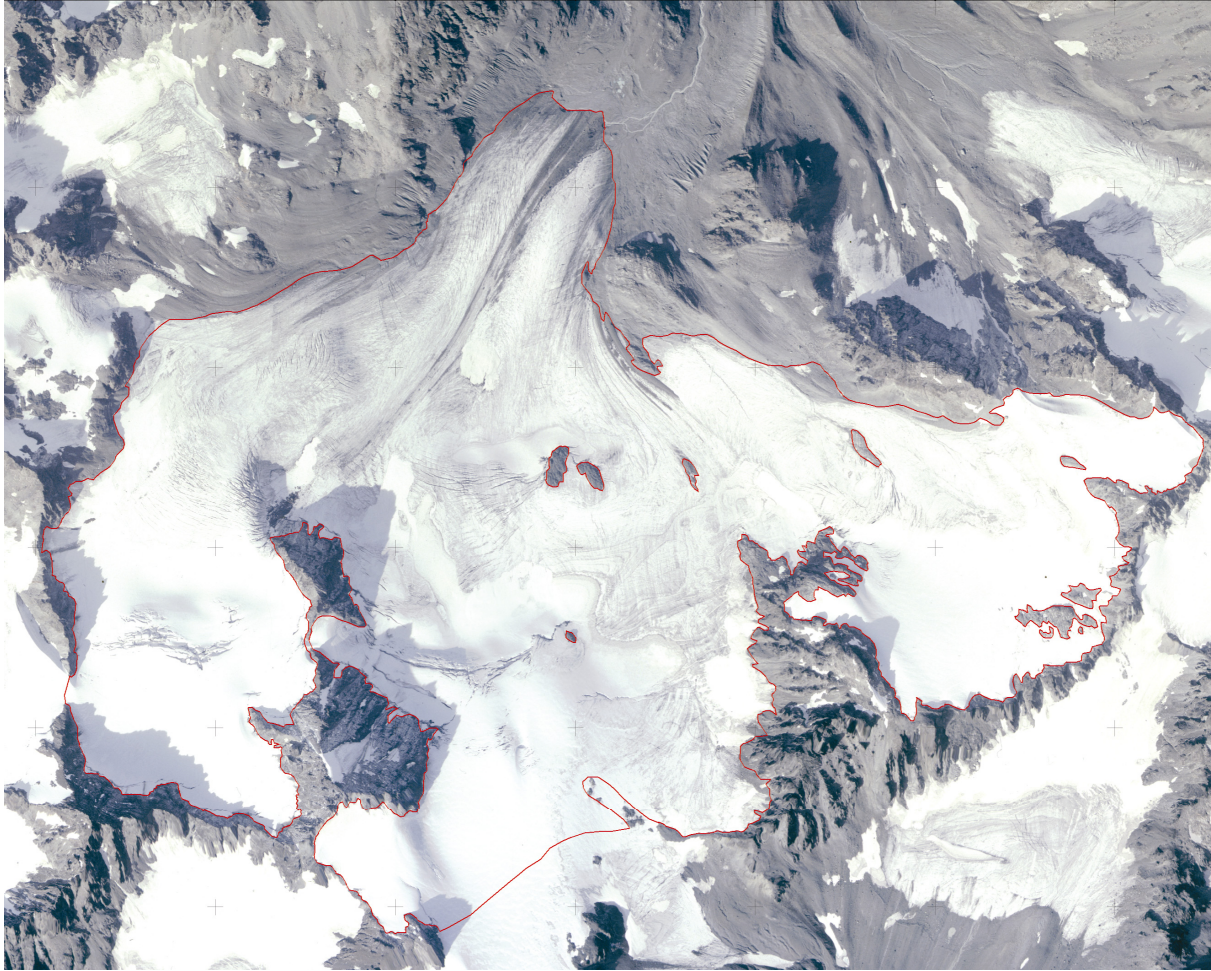


Abbildung 1b: Orthofoto 2002

Die Abbildungen 1a und 1b 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.

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 eing Bohrten 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 vom 28. bis 29. 9. 2006, 26. bis 27.4. 2007, am 22.6., 17.7., 2.8., 25.8. und vom 21.9. bis 22.9. 2007 durchgeführt.

3. Witterungsverlauf 2006/2007:

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 2006/2007

Der Winter war zu warm und zu trocken.

Die Temperatur des Winters 2006/07 (Oktober – April) lag mit $+0.9^{\circ}\text{C}$ um $+3.0^{\circ}\text{C}$ über dem Mittelwert 1951-2000. Er war damit der mit Abstand wärmste Winter seit Beginn der Massenhaushaltsmessungen. Es waren alle Monate zu warm. Besonders extrem fiel der April aus. Mit einem Wert von 6.4°C lag er um $+5.1^{\circ}\text{C}$ über dem langjährigen Mittelwert und war auch um $+3.5^{\circ}\text{C}$ wärmer als der bisher wärmste April seit Beginn der Untersuchungen am Jamtalferner. Extrem mild war auch der Jänner mit einem Mittelwert von -1.4°C gegenüber den -5.9°C des langjährigen Mittelwertes und den -2.2°C des bisher wärmsten Jänners.

Die Niederschlagsmenge lag mit 378 mm um 45 mm unter dem langjährigen Mittelwert 1951-2000 von 423 mm. Zu feucht waren der Oktober mit 80 mm, $+20$ mm und der Jänner mit 101 mm, $+35$ mm. Zu trocken war der Dezember mit 24 mm, -38 mm und besonders der April mit 10 mm, -54 mm.

Ein viel zu warmer und zugleich viel zu trockener April sind äußerst ungünstige Voraussetzungen für den Massenhaushalts eines Gletschers.

Beim Regenmesser Jamtalferner Zunge wurde im Zeitraum 29.9.2006 - 26.4.2007 ein Niederschlag von 543 mm gemessen, das entspricht einem Wert von 548 mm für den Zeitraum 1.10.2006 - 30.4.2007.

3.2 Der Sommer 2007

Der Sommer war gegenüber dem langjährigen Mittel von 1951-2000 zu warm und zu feucht.

Die Mitteltemperatur des Sommers 2007 (Mai bis September) betrug 10.0°C und war somit um $+0.6^{\circ}\text{C}$ wärmer als im langjährigen Mittel 1951-2000. Zu warm waren der Mai mit $+2.2^{\circ}\text{C}$, der Juni mit $+1.9^{\circ}\text{C}$ und der Juli mit $+0.6^{\circ}\text{C}$, zu kalt hingegen der September mit -1.8°C , dem Mittel entsprechend der August.

Die 666 mm Niederschlag bedeuten eine Abweichung von $+76$ mm gegenüber dem langjährigen Mittelwert 1951-2000, wobei mit Ausnahme des Septembers alle Monate zu feucht ausfielen.

Beim Regenmesser Jamtalferner Zunge wurden im Zeitraum 26.4. - 21.9.07 905 mm Niederschlag gemessen.

Die geringe Winterschneedecke, so lagen Ende April nur ca 2m Schnee auf der Zunge des Jamtalferners, und die hohen Temperaturen im Mai, Juni und Juli führten zu einem starken Abschmelzen der Altschneedecke. Mitte Juli waren daher nur mehr geringe Altschneereste am Gletscher vorhanden. Die Neuschneefälle zu Beginn des Septembers brachten in den höheren Regionen das Ende der Ablationsperiode, die Schneefälle Mitte September dann am gesamten Gletscher.

Das hydrologische Jahr 1.10.06 - 30.9.07 war durch den extrem warmen Winter gegenüber dem langjährigen Mittel 1951 - 2000 mit einer Temperatur von 4.7°C um +2.0°C zu warm und mit einem Niederschlagswert von 1044 mm um 31 mm zu feucht.

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.

Monat	Temperatur Grad C		Niederschlag mm	
	2006/2007	Mittel 1951 - 2000	2006/2007	Mittel 1951 - 2000
Oktober	6.7	3.9	80	60
November	0.5	-1.7	61	64
Dezember	-3.2	-4.8	24	62
Januar	-1.4	-5.9	101	66
Februar	-1.7	-5.4	49	57
März	-0.8	-2.2	53	60
April	6.4	1.3	10	54
Winter	0.9	-2.1	378	423
Mai	8.5	6.3	111	81
Juni	11.4	9.5	144	123
Juli	12.2	11.6	165	147
August	11.3	11.2	184	142
September	6.4	8.2	62	97
Sommer	10.0	9.4	666	590
hydrolog. Jahr	4.7	2.7	1044	1013

Tabelle 2: Klimadaten 2006/2007 an der Station Galtür in 1648 m Seehöhe.

4. Der Massenhaushalt des Jamtal Ferners 2006/2007

4.1 Die Winterbilanz 2006/2007

Vom 26. bis 27.4. 2007 wurde die Frühjahrsbegehung zur Bestimmung der winterlichen Schneerücklage durchgeführt. Insgesamt wurden 4 Schächte in den Firnbecken bis zur Gletscheroberfläche des vergangenen Herbstes gegraben. Zwischen den Schächten und im Zungenbereich des Gletschers wurde im Abstand

von 300 Schritten die Schneetiefe sondiert. Abbildung 2 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 $B_{wi} = 2.71 \times 10^6 \text{ m}^3$ für die gesamte Winterbilanz. Das entspricht umgerechnet auf die Fläche einer mittleren spezifischen Winterbilanz von $b_{wi} = 790 \text{ mm}$.

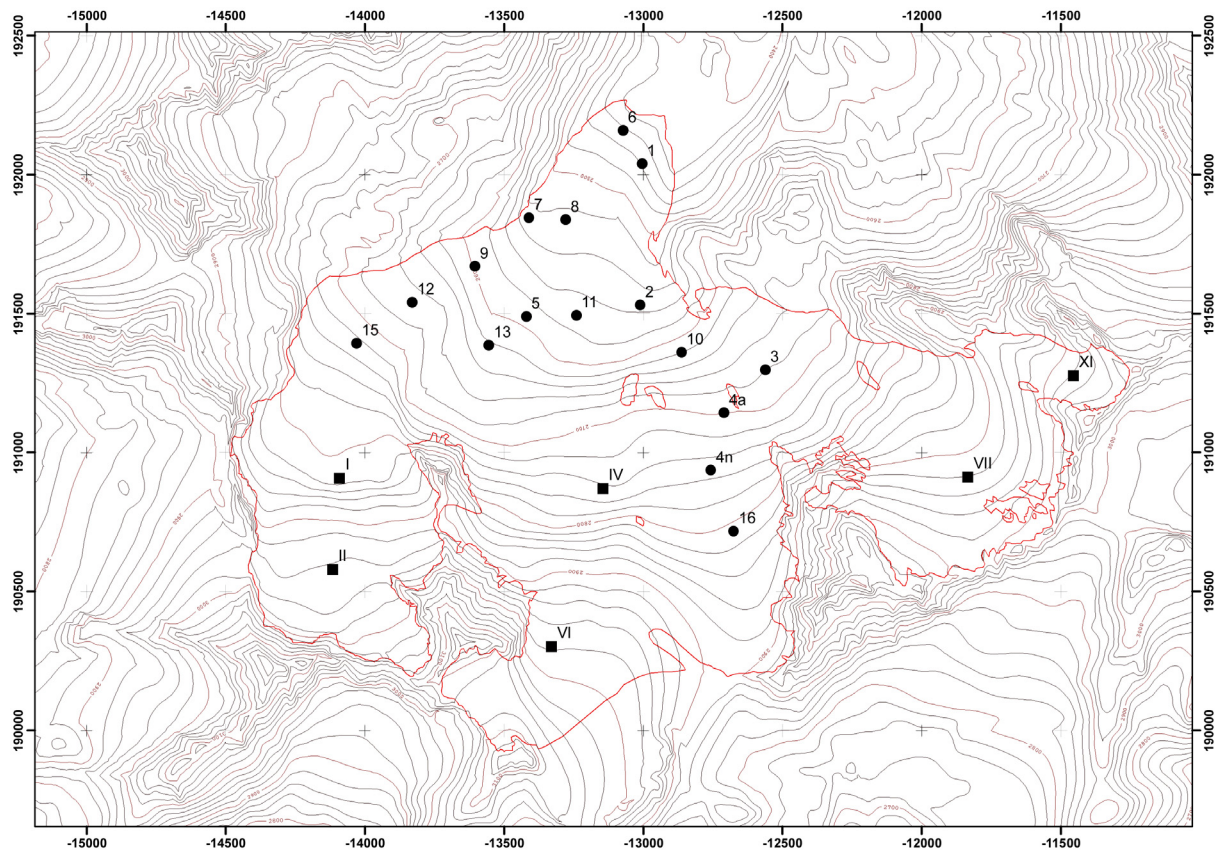


Abbildung 2: Lage der Schneeschächte (Quadrate) und Pegel (Punkte) am Jamtal Ferner im April 2007. Die Messergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Schacht	Seehöhe m	Tiefe cm	Dichte kg m^{-3}	Wasserwert mm
II	2920	240	450	1080
VI	2960	188	369	690
VII	2920	176	401	710
XI	3050	166	396	660

Tabelle 3: Tiefe, Dichte und Wasserwerte der Schneeschächte vom April 2007 am Jamtal Ferner.

Tabelle 4 gibt die Winterbilanz des Jamtal Ferners, aufgeteilt nach Höhenstufen, wieder.

$$B_{wi} = 2.71 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$b_{wi} = 790 \text{ mm}$$

Höhenstufe m	Fläche km ²	Bilanz 10 ³ m ³	Wasserwert mm
2400 - 2500	0.080	63	790
2500 - 2600	0.332	253	760
2600 - 2700	0.573	458	800
2700 - 2800	0.707	591	840
2800 - 2900	0.705	561	800
2900 - 3000	0.764	586	770
3000 - 3100	0.260	198	760
3100 - 3200	0.010	8	760
Summe	3.431	2719	790

Tabelle 4: Winterbilanz des Jamtal Ferners nach Höhenstufen. Die Werte gelten für die Zeit vom 1. Oktober 2006 bis 30. April 2007.

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 ursprünglich im Herbst 1988 eingbohrt, in den Folgejahren ersetzt und nachgebohrt und während des Jahres 2007 mehrmals kontrolliert, die Herbstbegehung fand vom 21. bis 22. September 2007 statt.

Abbildung 3 zeigt den zeitlichen Verlauf der Ablation im Jahre 2007 bei den Pegeln 2, 4o, 6, 9, 12 in cm Eis.

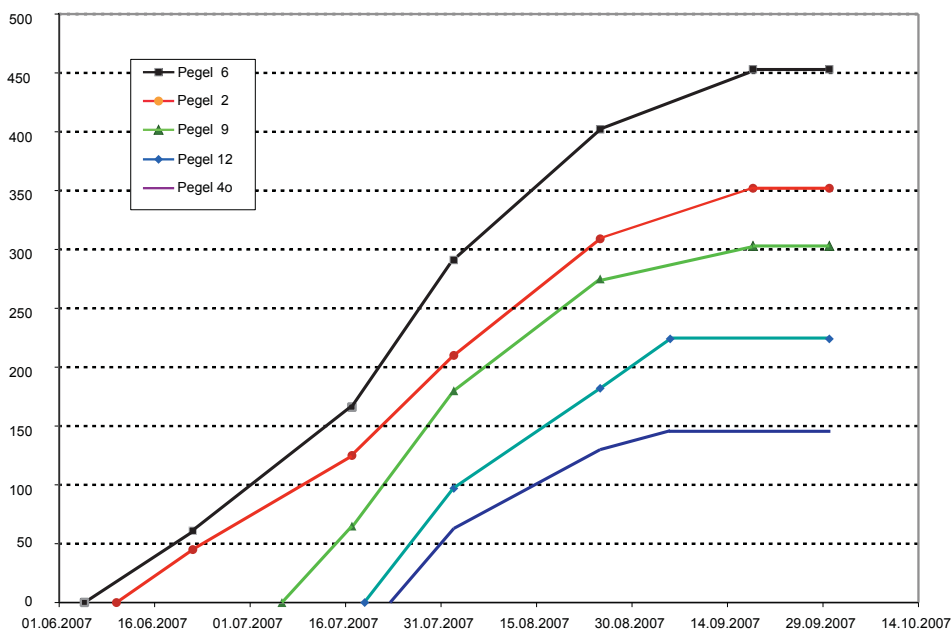


Abbildung 3: zeitlicher Verlauf der Ablation 2007 an den Pegeln 6, 2, 9, 12, 4o.

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 2 wiedergegeben, die Jahres-Ablations-Werte der Pegel in mm Wasser in Tabelle 5, die Jahres-Akkumulations-Werte der Schächte in Tabelle 6.

Pegel Nr.	Wasserwert mm	Pegel Nr.	Wasserwert mm
1	-3830	8	-3190
2	-3170	9	-2730
3	-2200	10	-2200
4 alt	-1310	11	-2570
4 neu	-2090	12	-1940
5	-2820	13	-2280
6	-4080	15	-1580
7	-3210	16	-1370
		17	-3000

Tabelle 5: Wasserwerte der Ablation an den Pegeln am Jamtal Ferner vom 1. 10. 2006 bis 30.9.2007.

Schacht	Seehöhe m	Tiefe cm	Dichte kg/m ³	Wasserwert mm
II	2920	52	333	170

Tabelle 6: Wasserwerte des Schneeschacht am Jamtal Ferner. Der Wert entspricht der Jahresrücklage 1.10.2006 – 30.9.2007

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

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

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

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:

$$\begin{aligned} S &= S_c + S_a \\ B &= B_c + B_a \end{aligned}$$

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

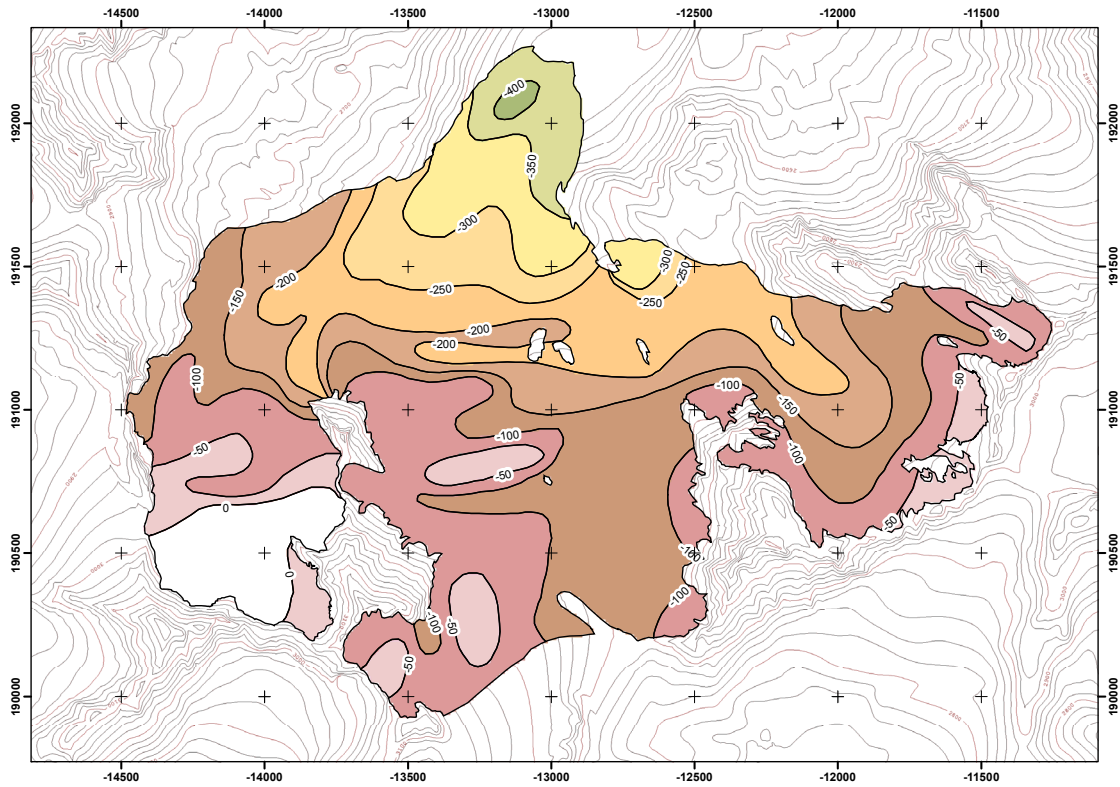


Abbildung 4: Isolinien des spezifischen Massenhaushaltes am Jamtal Ferner in mm Wasseräquivalent, gültig für den 30. 9. 2007.

Höhenstufe	Fläche	Gesamt-Bilanz	spezifische Bilanz		
			2006/07	Winter	Sommer
m	km ²	10 ³ m ³	mm	mm	mm
2400 - 2500	0.080	-333	-4160	790	-4950
2500 - 2600	0.332	-991	-2980	760	-3740
2600 - 2700	0.573	-1270	-2210	800	-3010
2700 - 2800	0.707	-947	-1340	840	-2180
2800 - 2900	0.705	-772	-1090	800	-1890
2900 - 3000	0.764	-472	-620	770	-1390
3000 - 3100	0.260	-148	-570	760	-1330
3100 - 3200	0.010	-7	-750	760	-1510
Summe	3.431	-4940	-1440	790	-2230

Tabelle 7: Die spezifische Massenbilanz am Jamtal Ferner 2006/07 nach Höhenstufen und Jahreszeiten. Die spezifischen Bilanzen sind als Wasseräquivalent angegeben: 1mm entspricht 1 kg m². Flächen nach neuer Karte 2002.

Akkumulationsgebiet		Flächenverhältnis	
S_c	0.193 km ²	S_c/S	0.06
B_c	0.02 x 10 ⁶ m ³		
b_c	125 mm		
Ablationsgebiet		Gleichgewichtslinie	
S_a	3.238 km ²	über Gipfelniveau	
B_a	-4.96 x 10 ⁶ m ³		
b_a	-1532 mm		
Jahresbilanz			
S	3.431 km ²		
B	-4.94 x 10 ⁶ m ³		
b	-1439 mm		
Winter		Sommer	
B_{wi}	2.72 x 10 ⁶ m ³	B_{so}	-7.66 x 10 ⁶ m ³
b_{wi}	790 mm	b_{so}	-2230 mm

Tabelle 8: Kennzahlen der Massenbilanz 2006/07 des Jamtal Ferners.

Die mittlere Höhe der Gleichgewichtslinie wird üblicherweise aus dem Höhenverlauf der spezifischen Jahresbilanz bestimmt. 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 5 anschaulich dargestellt ist.

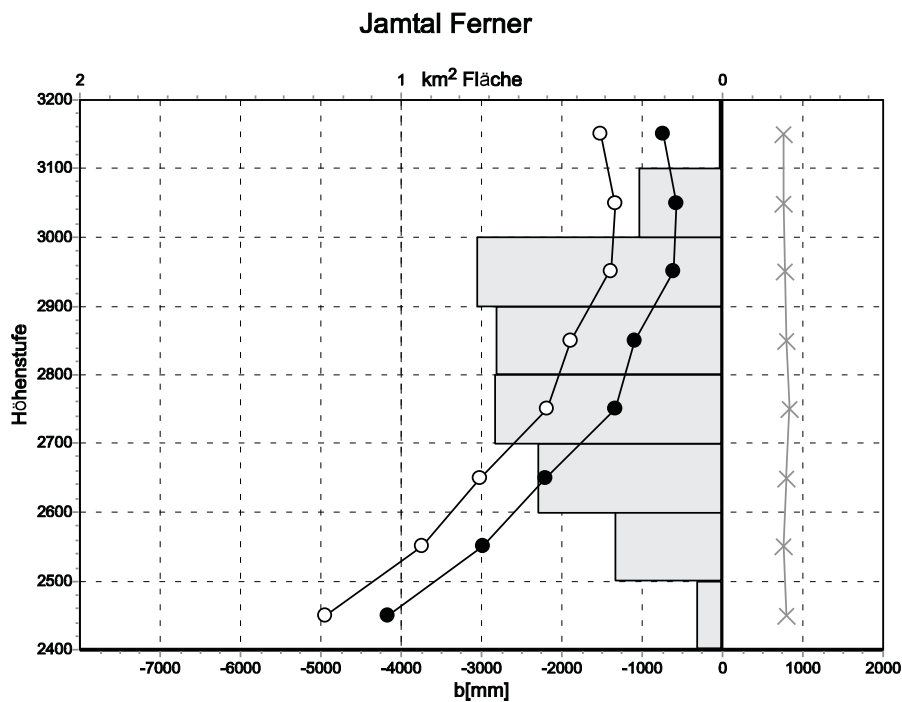


Abbildung 5: Die Verteilung der Flächen des Jamtal Ferners (Balken) und der Flächenmittel der spezifischen Jahresbilanz b (1.10.06 - 30.9.07 Punkte), der Winterbilanz b_{wi} (1.10.06 - 30.4.07 Kreuze) und der Sommerbilanz b_{so} (1.5. - 30.9.07 Kreise) für 100-m-Höhenstufen.

Jamtal	S _c km ²	B _c 10 ⁶ m ³	b _c mm	S _a km ²	B _a 10 ⁶ m ³	b _a mm	S	B
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
2001/2002	1.02	0.40	389	2.60	-2.83	-1090	3.62	-2.43
2002/2003	0	0.00	0	3.46	-7.71	-2229	3.46	-7.71
2003/2004	1.38	0.32	228	2.07	-1.11	-534	3.46	-0.79
2004/2005	0.53	0.13	250	3.01	-3.58	-1189	3.54	-3.45
2005/2006	0.29	0.07	244	3.19	-4.56	-1439	3.48	-4.49
2006/2007	0.19	0.02	125	3.24	-4.96	-1532	3.43	-4.94
Summe	21.37	6.39	4739	48.94	-58.38	-20995	70.36	-51.99
Mittel	1.12	0.34	249	2.58	-3.07	-1105	3.70	-2.74
	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			
2001/2002	-671	-2220	1530	2910	0.28			
2002/2003	-2229	-3520	1293	****	0.00			
2003/2004	-228	-1560	1330	2870	0.40			
2004/2005	-975	-1825	850	****	0.15			
2005/2006	-1290	-2430	1030	****	0.08			
2006/2007	-1439	-2230	790	****	0.06			
Summe	-14204							
Mittel	-748	-1962	1208		0.30			

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	2005/2006	seit 1969
	-13.6 m	300m

7. Mitarbeiter

Die Feldarbeiten wurden von G. Markl und A. Fischer durchgeführt, die Analyse und der Bericht stammen von G. Markl, die graphische Gestaltung von A. Lambrecht und F. Pellet. Für die Überlassung von Klimadaten wird Herrn Dr. K. Gabl von der Wetterdienststelle Innsbruck gedankt.