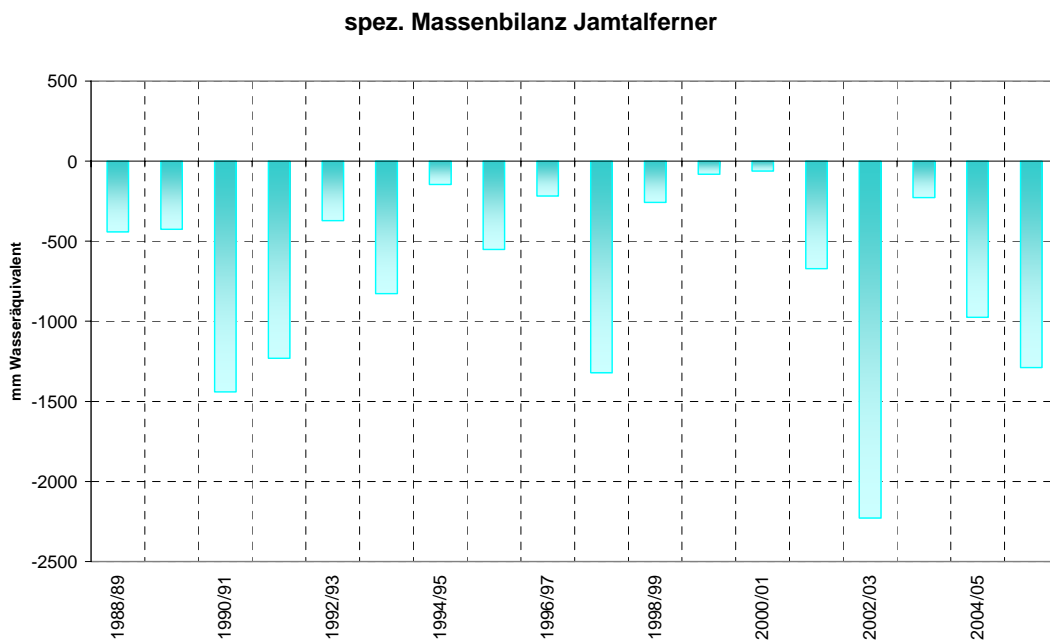


Jamtal Ferner

Massenhaushalt 2005/2006



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

Jamtal Ferner Massenhaushalt 2005/2006

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 2005/2006

1. Die Lage des Untersuchungsgebiets

Der Jamtal Ferner entwässert über das Jamtal in die Trisanna im Einzugsgebiet des Inn. Mit einer Fläche von 3.5 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
	2006	3.48 km ²
Höchster Punkt		3160 m
Tiefster Punkt	2006	2425 m
Gletscherlänge	2006	2.3 km
Exposition:		
Akkumulationsgebiet	Nord, teilweise West	
Ablationsgebiet	Nord	

Tabelle 1: Topographische Kennzahlen des Jamtal Ferners

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.

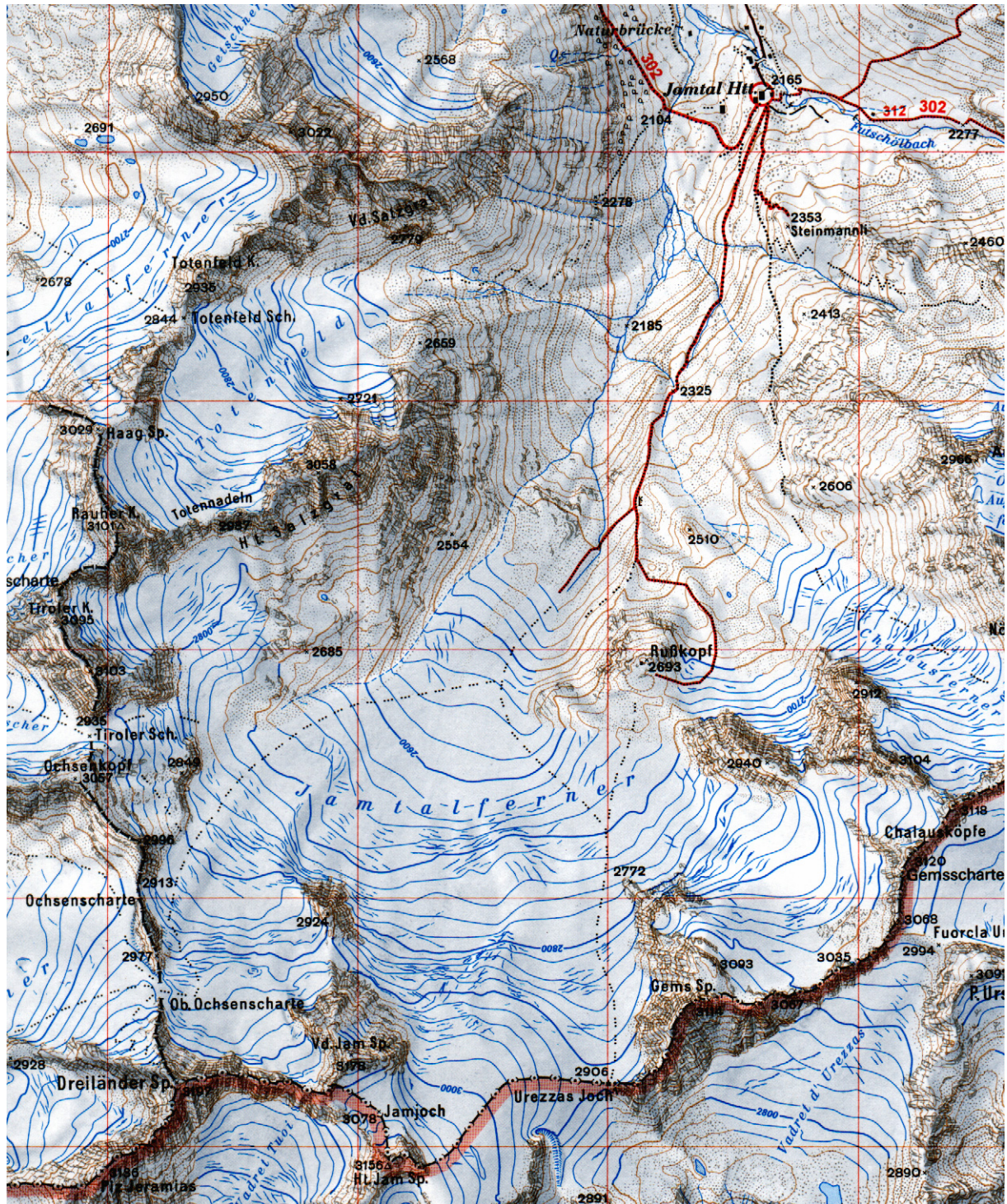


Abbildung 1a: Karte des Jamtal Ferners, AV-Karte 1 : 25.000 (Ausgabe 1999, Gletscherstand 1991).

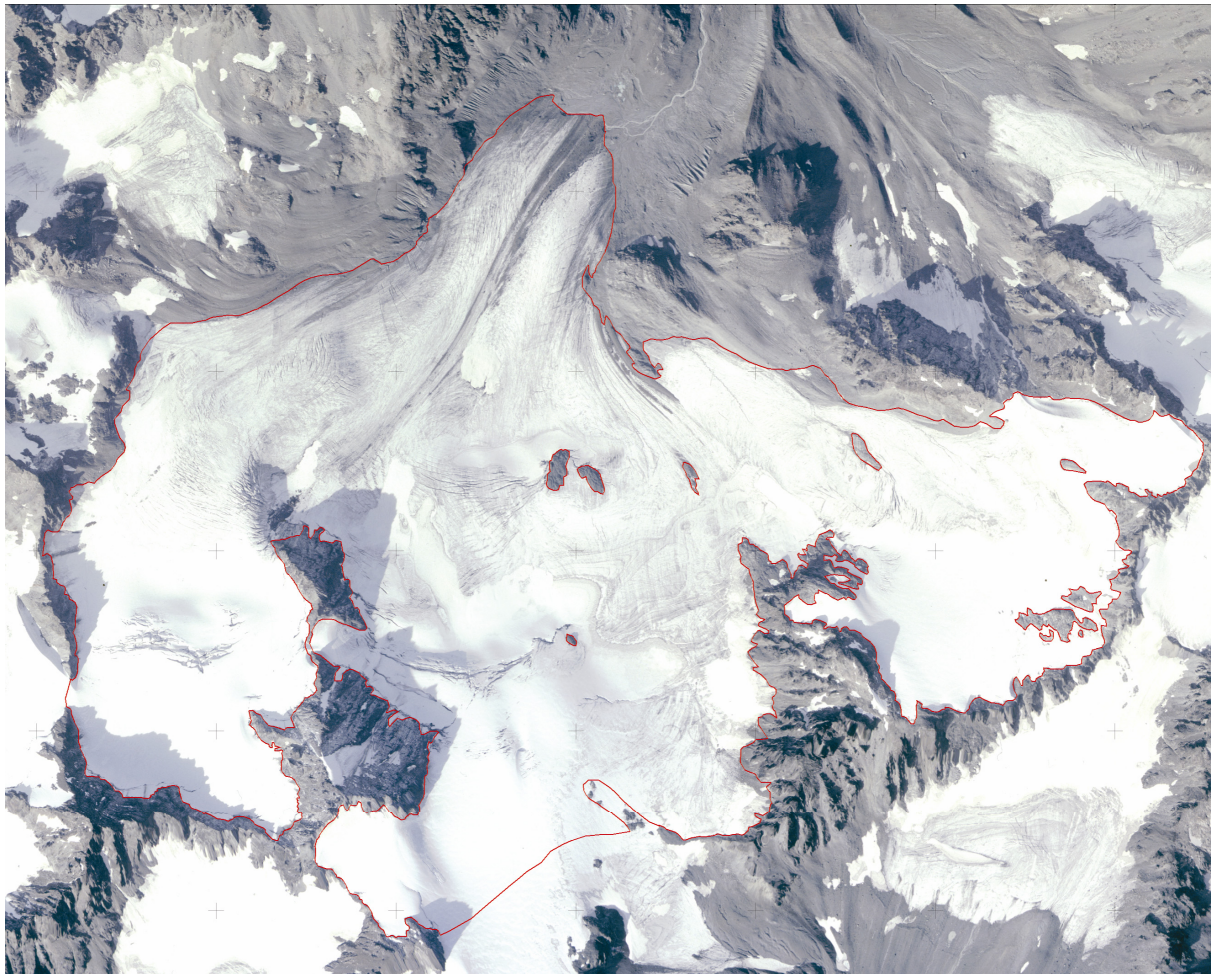


Abbildung 1b: Orthofoto 2002

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 Schneesuwachses 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 27. bis 29. 9. 2005, 2. bis 4. 5. 2006, am 4.7., 25.7., 23.8. und vom 28. bis 29.9. 2006 durchgeführt.

3. Witterungsverlauf 2005/2006:

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 2005/2006

Der Winter war zu kalt und zu trocken.

Die Temperatur des Winters 2005/06 (Oktober – April) lag mit -3.3°C um -1.2°C unter dem Mittelwert 1951-2000. Zu warm waren die Monate Oktober und April, der Oktober mit 4.7°C um $+2.2^{\circ}\text{C}$ und der April mit 2.0°C um $+0.7^{\circ}\text{C}$. Die restlichen 5 Monate von November bis März waren alle zu kalt. Deutlich zu kalt waren der Dezember mit -7.5°C , Abweichung von -2.7°C , und der Jänner mit -9.0°C , Abweichung -3.1°C .

Die Niederschlagsmenge lag mit 376 mm um 57 mm unter dem langjährigen Mittelwert 1951-2000 von 423 mm. Zu trocken war besonders der November mit 22 mm, -42 mm gegenüber dem Mittelwert. Der Monat mit der größten positiven Abweichung war der März mit 80 mm, $+20$ mm gegenüber dem Mittelwert.

Beim Regenmesser Jamtalferner Zunge wurde im Zeitraum 27.9.2005 - 3.5.2006 ein Niederschlag von 471 mm gemessen, das entspricht einem Wert von 451 mm für den Zeitraum 1.10.2005 - 30.4.2006.

3.2 Der Sommer 2006

Der Sommer war gegenüber dem langjährigen Mittel von 1951-2000 deutlich zu warm und eindeutig zu trocken.

Die Mitteltemperatur des Sommers 2006 (Mai bis September) betrug 10.7°C und war somit um +0.7°C wärmer als der Sommer 2005 und um +1.3°C wärmer als im langjährigen Mittel 1951-2000. Bis auf den August, der mit 9.0°C um 2.2°C zu kalt ausfiel, waren alle anderen Monate zu warm, der Mai um +0.6°C, der Juni um +1.6°C, der Juli um starke 3.6°C und der September ebenfalls um kräftige 2.8°C.

Die 528 mm Niederschlag bedeuten eine Abweichung von -62 mm gegenüber dem langjährigen Mittelwert 1951-2000. Zu feucht waren der Mai mit 120mm, +39 mm über dem Mittelwert, und der August mit 182 mm, +40 mm über dem Mittelwert. Zu trocken waren der Juli mit 83 mm, -40 mm, der Juni mit 91 mm, -56 mm und der September mit 52 mm, -45 mm.

Beim Regenmesser Jamtalferner Zunge wurden im Zeitraum 3.5. - 29.9.06 1204 mm Niederschlag gemessen.

Die zu geringe Winterschneedecke und die hohen Temperaturen im Mai und Juli führten zu einem starken Abschmelzen der Altschneedecke, der Ablationsbeginn bei Pegel 1 war am 25. Juni. Während des extrem warmen Juli schmolz fast die gesamte Altschneedecke am Gletscher. Im August verzögerte sich das Abschmelzen des Eises etwas, der warme September und die damit fehlenden Tage mit Neuschnee am Gletscher brachten aber erneut hohe Abschmelzraten.

Die mittleren Abschmelzraten beim Pegel 1 am Zungenende des Jamtalferners betragen im Zeitraum 4.7. - 1.8.06 9.2 mm pro Tag, vom 1.8. - 31.8.06 2.4 mm und vom 1.9. - 30.9.06 wieder 3.7 mm pro Tag.

Das hydrologische Jahr 1.10.05 - 30.9.06 war gegenüber dem langjährigen Mittel 1951 - 2000 mit einer Temperatur von 2.6°C um -0.2°C zu kalt und mit einem Niederschlagswert von 904 mm um 110 mm zu trocken.

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	
	2005/2006	Mittel 1951 - 2000	2005/2006	Mittel 1951 - 2000
Oktober	4.7	3.9	44	60
November	-2.8	-1.7	22	64
Dezember	-7.5	-4.8	83	62
Januar	-9.0	-5.9	41	66
Februar	-6.5	-5.4	42	57
März	-4.0	-2.2	80	60
April	2.0	1.3	64	54
Winter	-3.3	-2.1	376	423
Mai	7.3	6.3	120	81
Juni	11.1	9.5	83	123
Juli	15.2	11.6	91	147
August	9.0	11.2	182	142
September	10.9	8.2	52	97
Sommer	10.7	9.4	528	590
hydrolog. Jahr	2.5	2.7	904	1013

Tabelle 2: Klimadaten 2005/2006 an der Station Galtür in 1648 m Seehöhe.



Abbildung 2: Jamtalferner, 11.9.2006

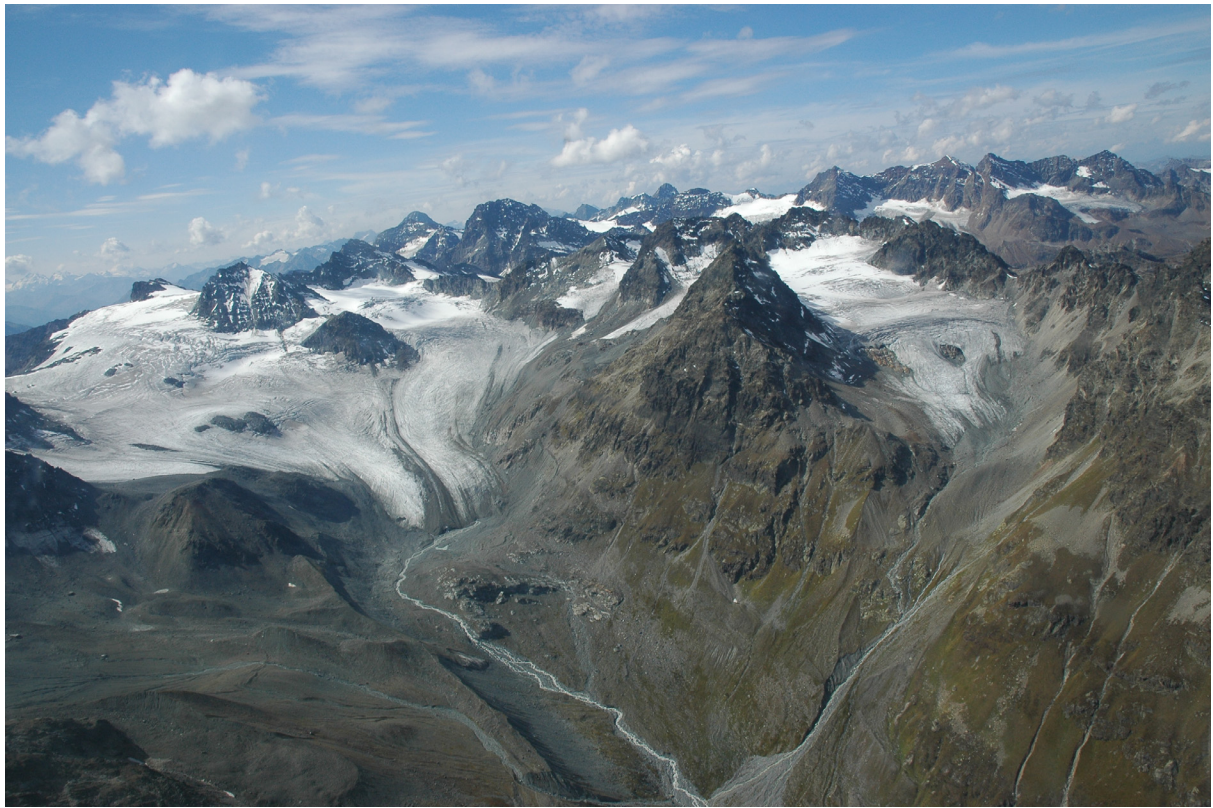


Abbildung 3: Jamtalferner, 11.9.2006



Abbildung 4: Jamtalferner, 11.9.2006

4. Der Massenhaushalt des Jamtal Ferners 2005/2006

4.1 Die Winterbilanz 2005/2006

Vom 2. bis 4. 5. 2006 wurde die Frühjahrsbegehung zur Bestimmung der winterlichen Schneerücklage durchgeführt. Insgesamt wurden 6 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 5 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 $B_{wi} = 3.65 \times 10^6 \text{ m}^3$ für die gesamte Winterbilanz. Das entspricht umgerechnet auf die Fläche einer mittleren spezifischen Winterbilanz von $b_{wi} = 1031 \text{ mm}$. Tabelle 4 gibt die Winterbilanz des Jamtal Ferners, aufgeteilt nach Höhenstufen, wieder.

$$B_{wi} = 3.65 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$b_{wi} = 1030 \text{ mm}$$

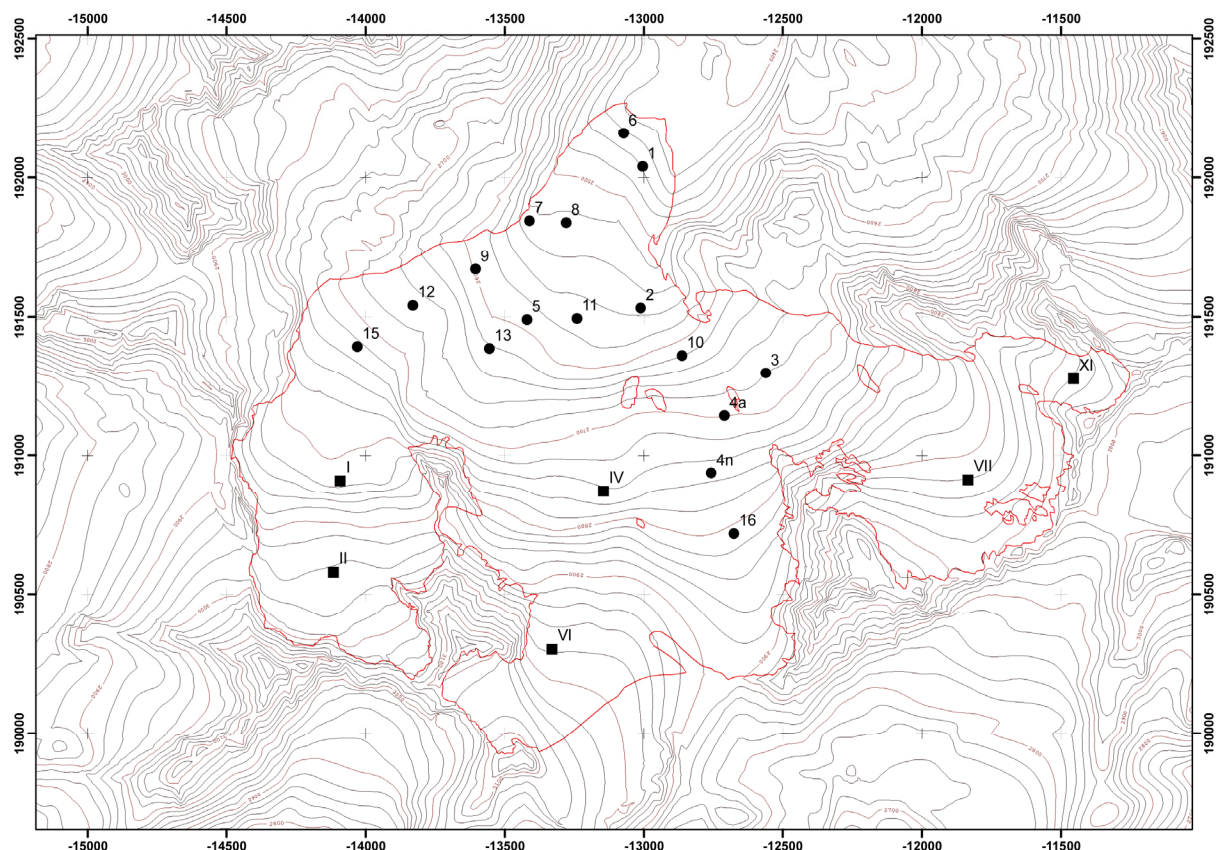


Abbildung 5: Lage der Schneeschächte (Quadrate) und Pegel (Punkte) am Jamtal Ferner im April 2006. Die Messergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Schacht	Seehöhe m	Tiefe cm	Dichte kg m ⁻³	Wasserwert mm
I	2850	262	390	1020
II	2920	316	397	1260
IV	2750	269	385	1030
VI	2960	267	375	1000
VII	2920	256	346	890
XI	3050	236	355	840

Tabelle 3: Tiefe, Dichte und Wasserwerte der Schneeschächte vom April 2006 am Jamtal Ferner.

Höhenstufe m	Fläche km ²	Bilanz 10 ³ m ³	Wasserwert mm
2400 - 2500	0.015	9	770
2500 - 2600	0.366	357	975
2600 - 2700	0.595	627	1050
2700 - 2800	0.712	734	1030
2800 - 2900	0.714	734	1030
2900 - 3000	0.766	819	1070
3000 - 3100	0.261	264	1010
3100 - 3200	0.014	14	1010
Summe	3.543	3637	1030

Tabelle 4: Winterbilanz des Jamtal Ferners nach Höhenstufen. Die Werte gelten für die Zeit vom 1. Oktober 2005 bis 30. April 2006.

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 eingebohrt, in den Folgejahren ersetzt und nachgebohrt und während des Jahres 2006 mehrmals kontrolliert, die Herbstbegehung fand vom 28. bis 29. September 2006 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 5 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	-4530	8	-3110
2	-3110	9	-2790
3	-2120	10	-2420
4 alt	-2190	11	-3110
4 neu	-1530	12	-1740
5	-2890	13	-2260
6	-4230	15	-1180
7	-3090	16	-1010

Tabelle 5: Wasserwerte der Ablation an den Pegeln am Jamtal Ferner vom 1. 10. 2005 bis 30.9.2006.

Schacht	Seehöhe m	Tiefe cm	Dichte kg/m ³	Wasserwert mm
I	2850			-250
II	2920	78	513	400
VI	2960	0	0	0
VII	2920			-500
XI	3050			-250

Tabelle 6: Wasserwerte der Schneeschächte am Jamtal Ferner. Die Werte entsprechen der Jahresrücklage 1.10.2005 – 30.9.2006

Das Ergebnis dieser Messungen ist in Abbildung 6 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 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:

$$S = S_c + S_a$$

$$B = B_c + B_a$$

$$b = B / S$$

$$b_c = B_c / S_c$$

$$b_a = B_a / S_a$$

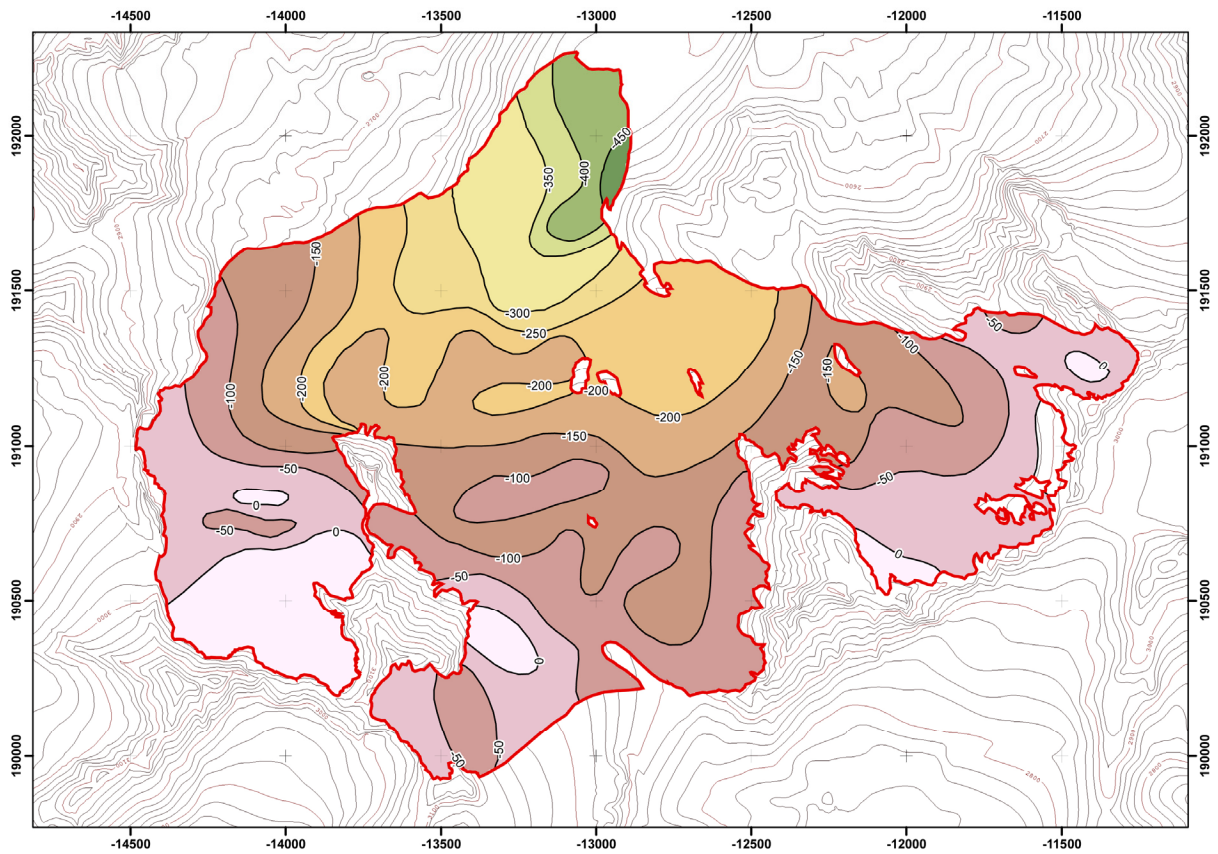


Abbildung 6: Isolinien des spezifischen Massenhaushaltes am Jamtal Ferner in mm Wasseräquivalent, gültig für den 30. 9. 2006.

Höhenstufe	Fläche	Gesamt- Bilanz	spezifische Bilanz		
			2005/06	Winter	Sommer
m	km ²	10 ³ m ³	mm	mm	mm
2400 - 2500	0.095	-382	-4020	770	-4790
2500 - 2600	0.344	-1062	-3090	970	-4060
2600 - 2700	0.580	-1190	-2050	1050	-3100
2700 - 2800	0.710	-1015	-1430	1030	-2460
2800 - 2900	0.713	-596	-840	1030	-1870
2900 - 3000	0.766	-175	-230	1070	-1300
3000 - 3100	0.261	-68	-260	1010	-1280
3100 - 3200	0.010	-2	-250	1010	-1260
Summe	3.479	-4490	-1290	1030	-2320

Tabelle 7: Die spezifische Massenbilanz am Jamtal Ferner 2005/06 nach Höhenstufen und Jahreszeiten. Die spezifischen Bilanzen sind als Wasseräquivalent angegeben: 1mm entspricht 1 kg m⁻². Flächen nach neuer Karte 2002.

Ablationsgebiet			Gleichgewichtslinie	
S _a	3.191 km ²		über Gipfelniveau	
B _a	-4.56 x 10 ⁶ m ³			
b _a	-1439 mm			
Jahresbilanz				
S	3.479 km ²			
B	-4.49 x 10 ⁶ m ³			
b	-1290 mm			
Winter			Sommer	
B _{wi}	3.64 x 10 ⁶ m ³		B _{so}	-8.13 x 10 ⁶ m ³
b _{wi}	1030 mm		b _{so}	-2320 mm

Tabelle 8: Kennzahlen der Massenbilanz 2005/06 des Jamtal Ferners.

Die mittlere Höhe der Gleichgewichtslinie wird üblicherweise aus dem Höhenverlauf der spezifischen Jahresbilanz bestimmt, wie er in Abbildung 7 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 7 anschaulich dargestellt ist.

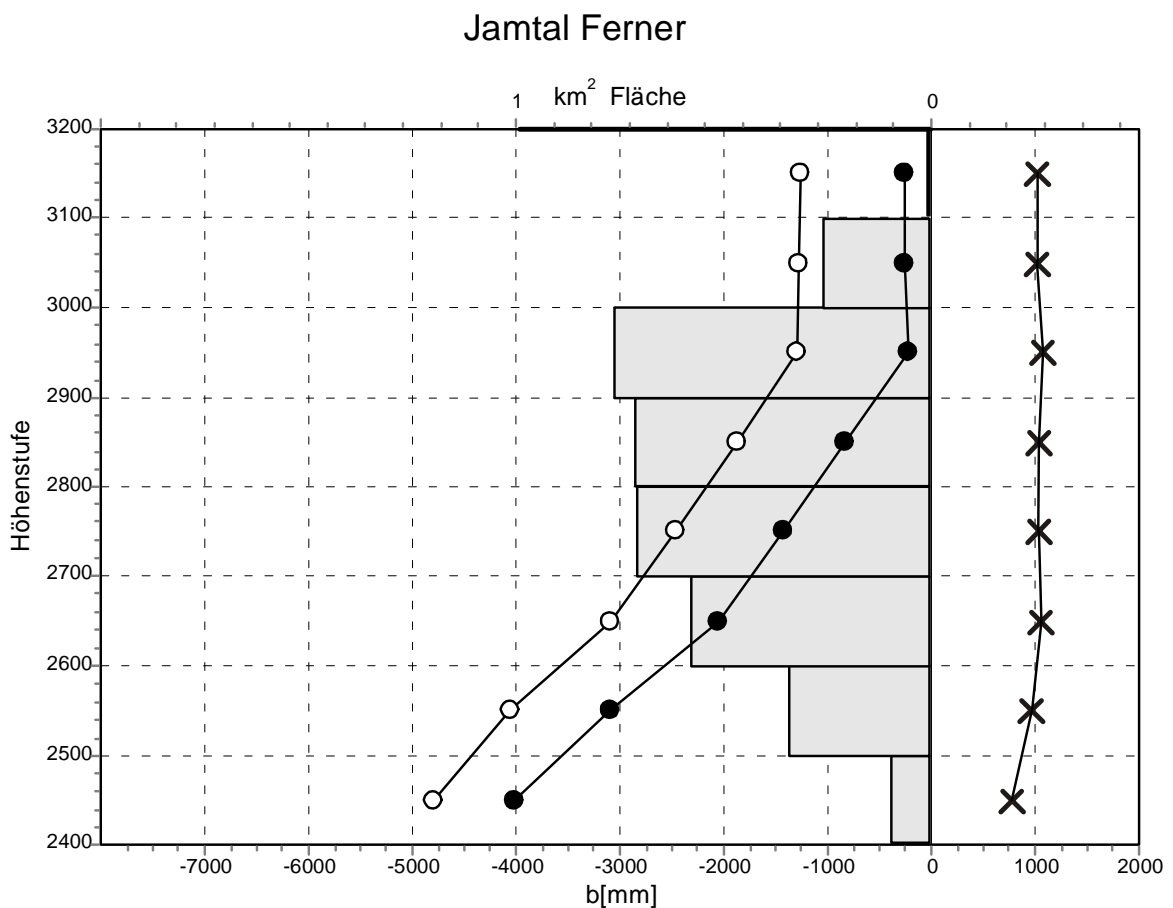


Abbildung 7: Die Verteilung der Flächen des Jamtal Ferners (Balken) und der Flächenmittel der spezifischen Jahresbilanz b (1.10.05 - 30.9.06 Punkte), der Winterbilanz b_{wi} (1.10.05 - 30.4.06 Kreuze) und der Sommerbilanz b_{so} (1.5. - 30.9.06 Kreise) für 100-m-Höhenstufen .

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
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	-2072	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
Summe	20.36	6.37	4614	45.7	-53.42	-21001	66.93	-47.05
Mittel	1.27	0.35	256	2.54	-2.97	-1167	3.72	-2.61
	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	-288	-1560	1330	2870	0.40			
2004/2005	-975	-1825	850	****	0.15			
2005/2006	-1290	-2430	1030	****	0.08			
Summe	-12825							
Mittel	-713	-1948	1231		0.32			

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	2004/2005	seit 1969
	-13.6 m	286 m
Korrektur 2003/2004	-4.1 m	

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.