

Jamtal Ferner

Massenhaushalt 2008/2009



**Bericht über Messungen des Instituts für Meteorologie und
Geophysik der Universität Innsbruck
A.Fischer**



**Jamtal Ferner
Massenhaushalt 2008/2009**

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

Im Auftrag des Hydrographischen Dienstes der Abteilung Wasserwirtschaft des Amtes 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 2008/2009

1. Die Lage des Untersuchungsgebiets

Der Jamtal Ferner entwässert über das Jamtal in die Trisanna im Einzugsgebiet des Inn. Mit einer Fläche von 3,31 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
	2008	3,31 km ²
Höchster Punkt		3160 m
Tiefster Punkt	2008	2430 m
Gletscherlänge	2008	2,3 km
Exposition:		
Akkumulationsgebiet	Nord, teilweise West	
Ablationsgebiet	Nord	

Tabelle 1: Topographische Kennzahlen des Jamtal Ferners

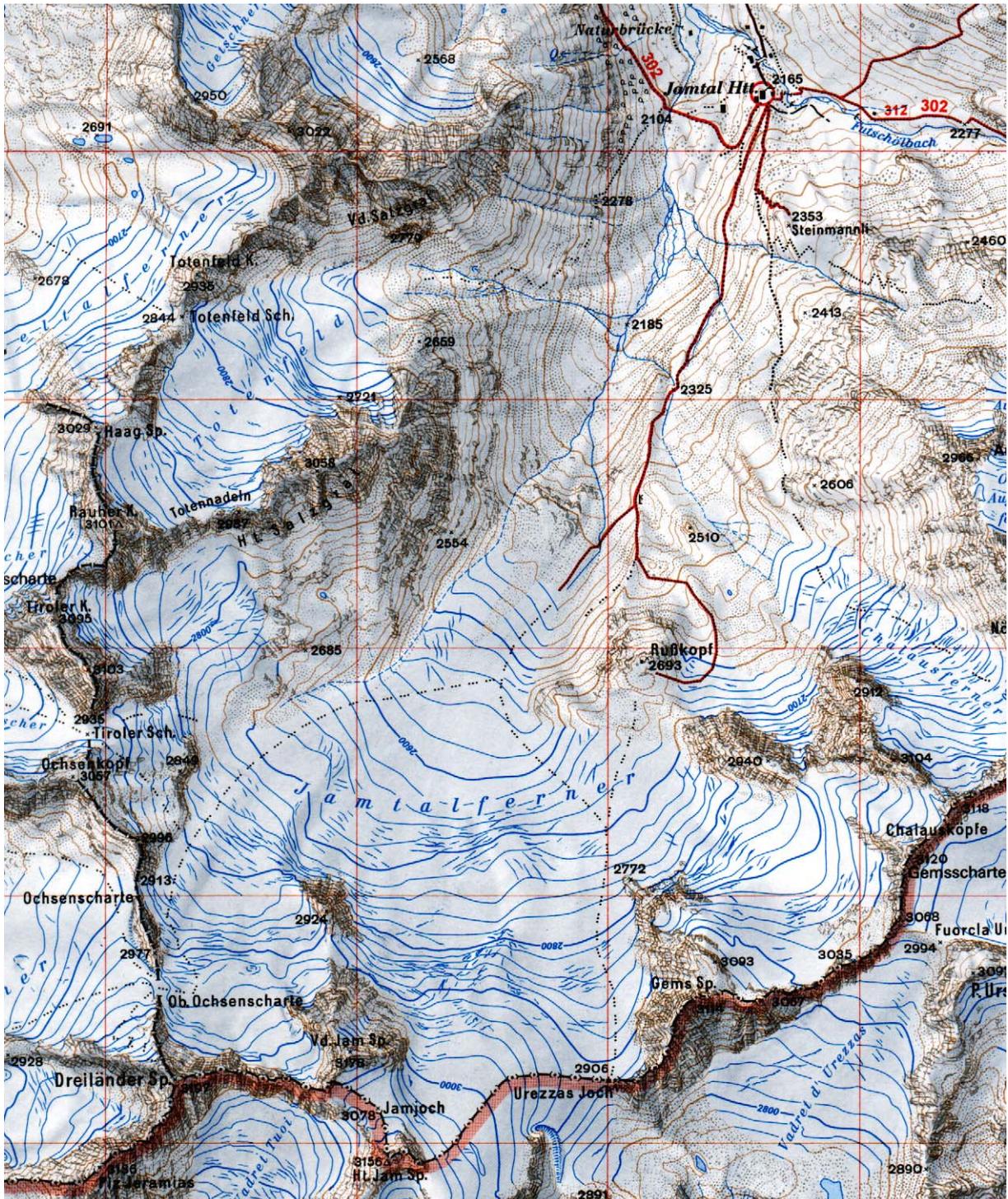


Abbildung 1a: Karte des Jamtal Ferners, AV-Karte 1 : 25.000 (Ausgabe 1999, Gletscherstand 1991).

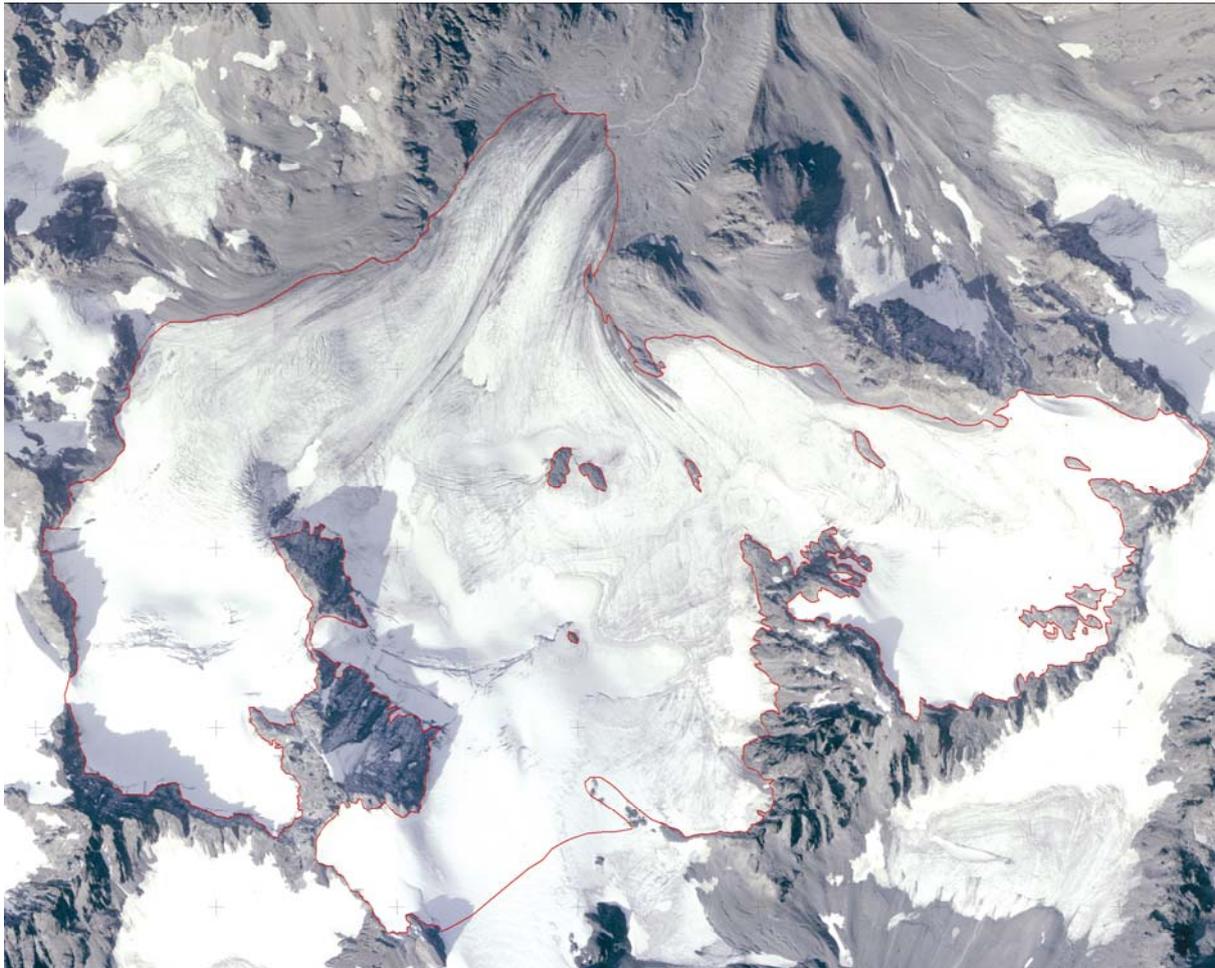


Abbildung 1b: Orthofoto 2002

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 Schneeszuwachses 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 25.9. bis 27.9. 2008, 01.-03.05.2009, 22.07.2009, 18.08.2009 und von 22. bis 23. 09.2009 durchgeführt.

3. Witterungsverlauf 2008/2009:

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 2008/2009

Der Winter war zu trocken, die Temperatur war höher als der langjährige Mittelwert. Die Temperatur des Winters 2008/2009 (Oktober – April) lag mit -2.2°C um -0.1°C unter dem Mittelwert 1951-2000. Zu warm waren die Monate Oktober und November, die Monate Dezember bis März waren zu kühl. Der April war mit $3,9^{\circ}\text{C}$ deutlich wärmer als das langjährige Mittel, und zwar um $2,6^{\circ}\text{C}$. Die Niederschlagsmenge lag mit 287 mm um 136 mm unter dem langjährigen Mittelwert 1951-2000 von 423 mm. Alle Monate zeigten unterdurchschnittlichen Niederschlag. Besonders trocken waren der Jänner, der Februar und der April, in denen nur etwa die Hälfte des langjährigen Mittels der Niederschlagssummen fiel.

Beim Regenmesser Jamtalferner Zunge wurde im Zeitraum 25.9.2008 – 03.05.2009 ein Niederschlag von 703 mm gemessen.

3.2 Der Sommer 2009

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

Die Mitteltemperatur des Sommers 2008 (Mai bis September) betrug $11,0^{\circ}\text{C}$ und war um $+1,6^{\circ}\text{C}$ wärmer als im langjährigen Mittel. Alle Monate waren zu warm. Am stärksten waren die positiven Abweichungen im Mai ($-2,8^{\circ}\text{C}$) und im August ($+2,4^{\circ}\text{C}$). Am nächsten zum langjährigen Mittel lag der April mit einer Abweichung von $+0,6^{\circ}\text{C}$.

Die 569 mm Niederschlag des Sommers 2009 bedeuten ein Minus von 21 mm gegenüber dem langjährigen Mittel. Deutlich zu trocken waren der August (-22 mm) und der September (-52 mm). Der Mai war mit 81 mm Niederschlag nur um 8 mm unter dem langjährigen Mittel. Zu feucht waren Juni und Juli mit 32 bzw 27 mm über dem jeweiligen langjährigen Mittel.

Beim Regenmesser Jamtalferner Zunge wurden im Zeitraum 03.05.2009 - 22.9.09 665 mm Niederschlag gemessen.

Der Winterniederschlag 2008/2009 führte zwar zu einer etwa gleich mächtigen Schneedecke wie im Vorjahr, die positive Temperaturabweichung und der geringere Niederschlag in den Monaten Mai und Juni 2008 führten aber zu einem raschen Abbau der Winterschneedecke. Im August und September waren große Teile der Gletscherflächen schneefrei.

In den Abbildungen 2 – 4 ist der Rückgang der Schneebedeckung während des Sommers dargestellt.

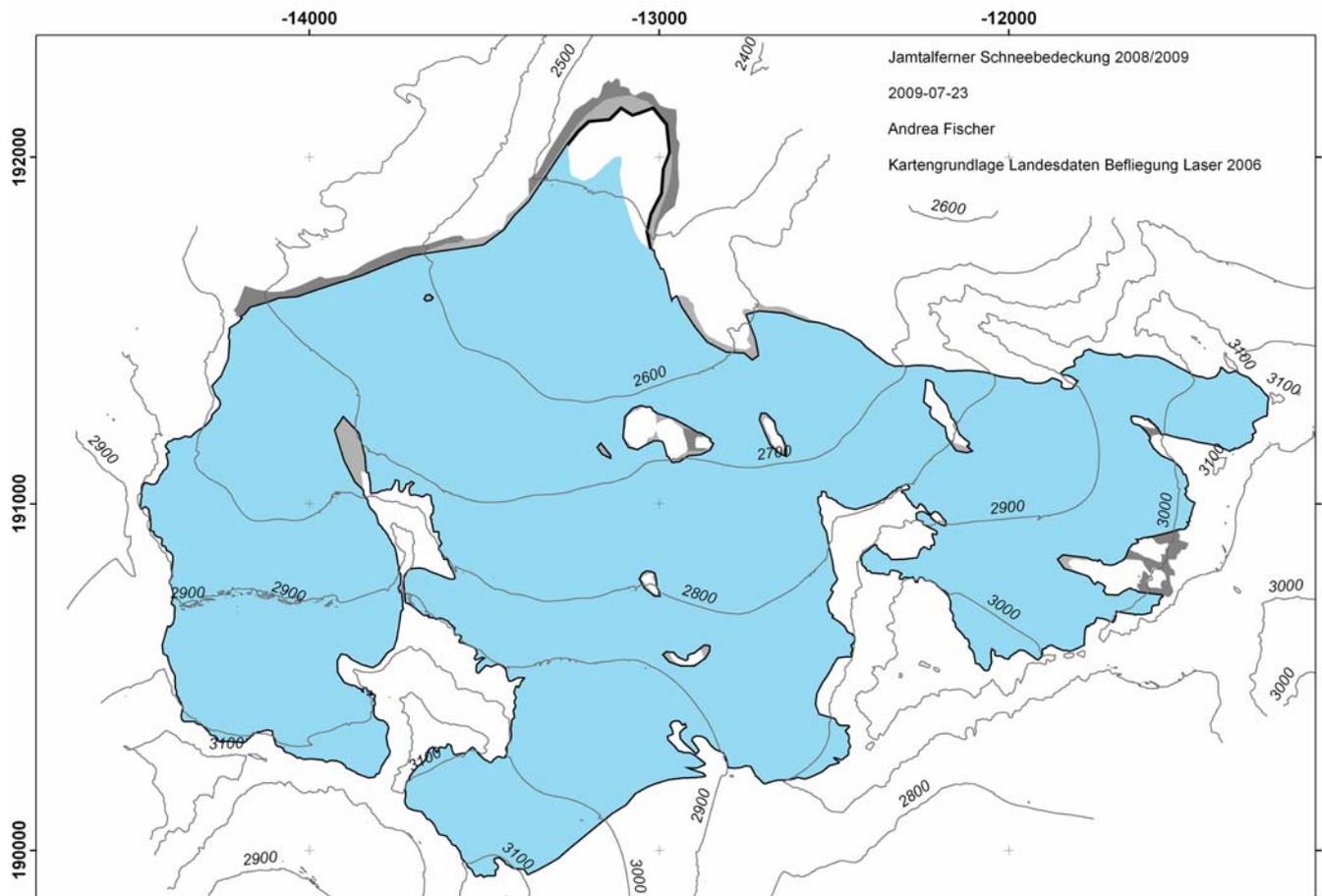


Abbildung 2: Schneebedeckung des Jamtalfjerner am 23.07.2009. Farbige Flächen sind Flächen mit Altschnee.

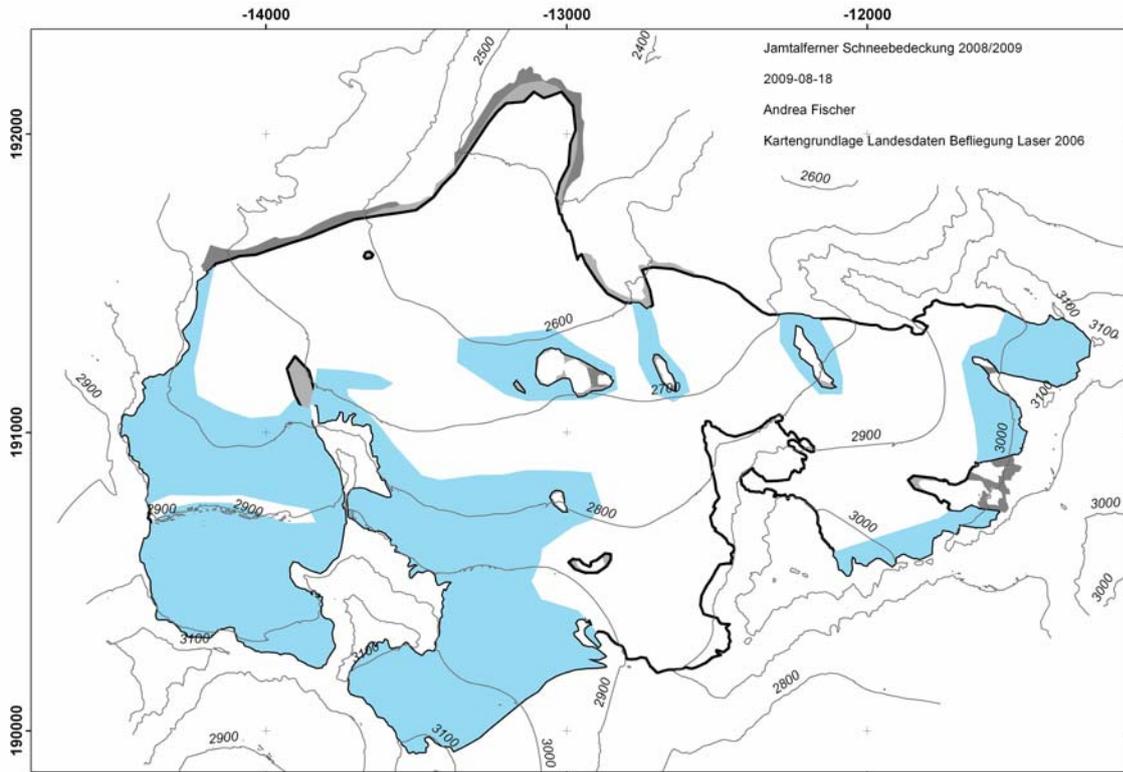


Abbildung 3: Schneebedeckung des Jamtalferners am 18.08.2009. Farbige Flächen sind Flächen mit Altschnee.

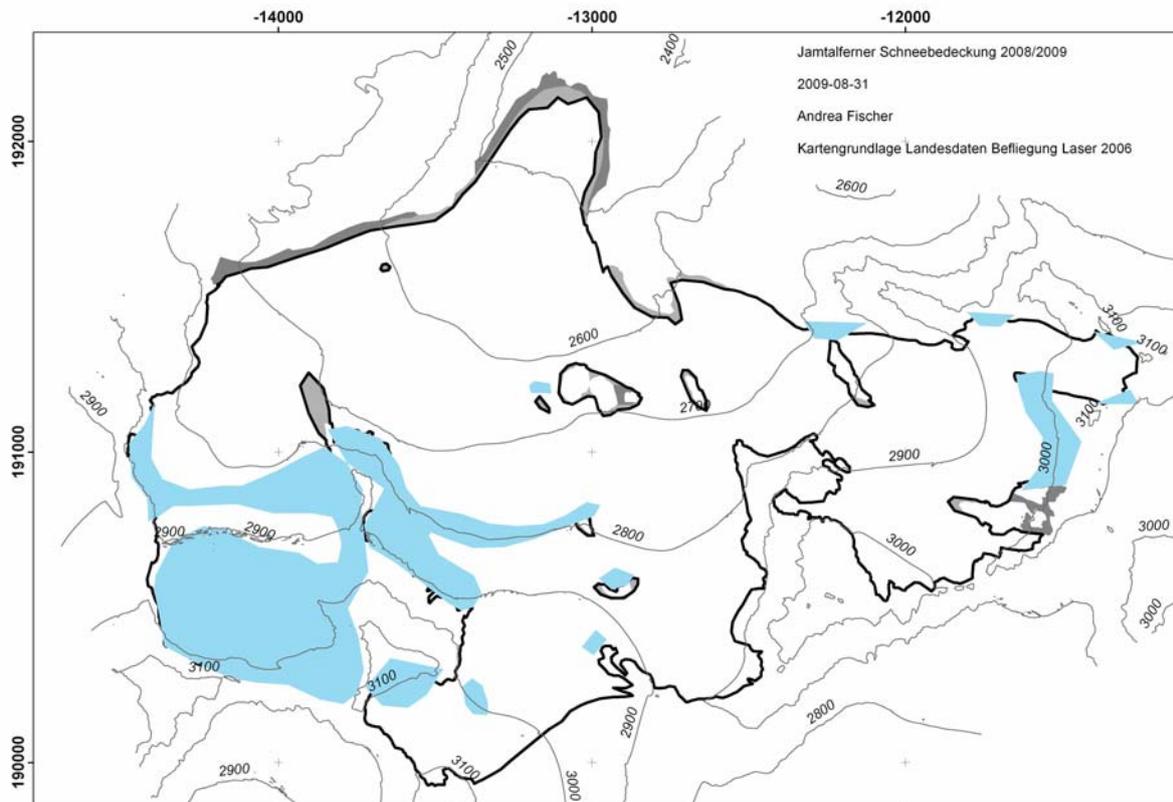


Abbildung 4: Schneebedeckung des Jamtalferners am 31.08.2009. Farbige Flächen sind Flächen mit Altschnee.

Das hydrologische Jahr 1.10.2008 - 30.9.2009 war gegenüber dem langjährigen Mittel 1951 - 2000 mit einer Temperatur von 4,4°C um +1,7°C zu warm. Der Niederschlag von 1033 mm entsprach dem langjährigen Mittelwert.

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	
	2008/2009	Mittel 1951 - 2000	2008/2009	Mittel 1951 - 2000
Oktober	4,6	3,9	47	60
November	-1,5	-1,7	60	64
Dezember	-5,4	-4,8	43	62
Januar	-8,6	-5,9	24	66
Februar	-5,8	-5,4	26	57
März	-2,5	-2,2	54	60
April	3,9	1,3	33	54
Winter	-2,2	-2,1	287	423
Mai	9,1	6,3	73	81
Juni	10,1	9,5	157	123
Juli	12,7	11,6	174	147
August	13,6	11,2	120	142
September	9,5	8,2	45	97
Sommer	11,0	9,4	569	590
hydrolog. Jahr	3,3	2,7	856	1013

Tabelle 2: Klimadaten 2008/2009 an der Station Galtür in 1648 m Seehöhe.

4. Der Massenhaushalt des Jamtal Ferners 2008/2009

4.1 Die Winterbilanz 2008/2009

Vom 01.05.2009 bis 03.05.2009 wurde die Frühjahrsbegehung zur Bestimmung der winterlichen Schneerücklage durchgeführt. Insgesamt wurden 5 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 $B_{Wi} = 4,55 \times 10^6 \text{ m}^3$ für die gesamte Winterbilanz. Das entspricht umgerechnet auf die Fläche einer mittleren spezifischen Winterbilanz von $b_{Wi} = 1305 \text{ mm}$.

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

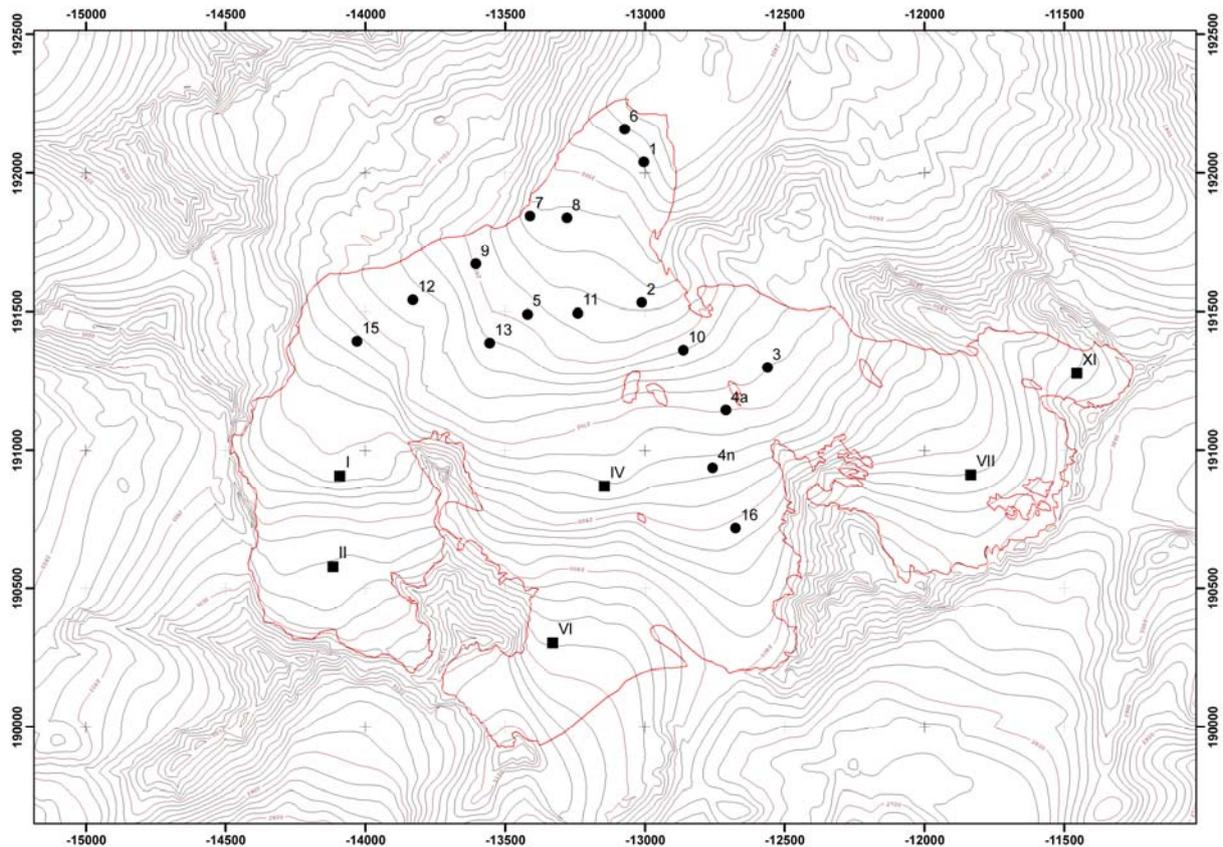


Abbildung 5: Lage der Schneeschnähte (Quadrate) und Pegel (Punkte) am Jamtal Ferner im Mai 2009. Die Messergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Schacht	Seehöhe m	Tiefe cm	Dichte kg m^{-3}	Wasserwert mm
II	2920	438	367	1608
IV	2750	406	382	1552
VI	2960	292	398	1162
VII	2940	350	392	1374
XI	3050	313	359	1124

Tabelle 3: Tiefe, Dichte und Wasserwerte der Schneeschnähte vom Mai 2009 am Jamtal Ferner.

m	km ²	10 ³ m ³	mm
2400 - 2500	0,083	103	1241
2500 - 2600	0,343	463	1350
2600 - 2700	0,565	848	1502
2700 - 2800	0,685	978	1428
2800 - 2900	0,693	944	1362
2900 - 3000	0,714	950	1331
3000 - 3100	0,227	255	1124
3100 - 3200	0,004	5	1100
Summe	3,314	4545	1305

Tabelle 4: Winterbilanz des Jamtal Ferners nach Höhenstufen. Die Werte gelten für die Zeit vom 1. Oktober 2008 bis 30. April 2009.

4.2 Die Jahresbilanz des Jamtal Ferners

Die Abbildungen 6 – 9 (Luftbilder) zeigen die Eis- und Schneeverhältnisse am Jamtal Ferner am 9.9. 2008, knapp vor Ende der Ablationsperiode am 13.9.2008.

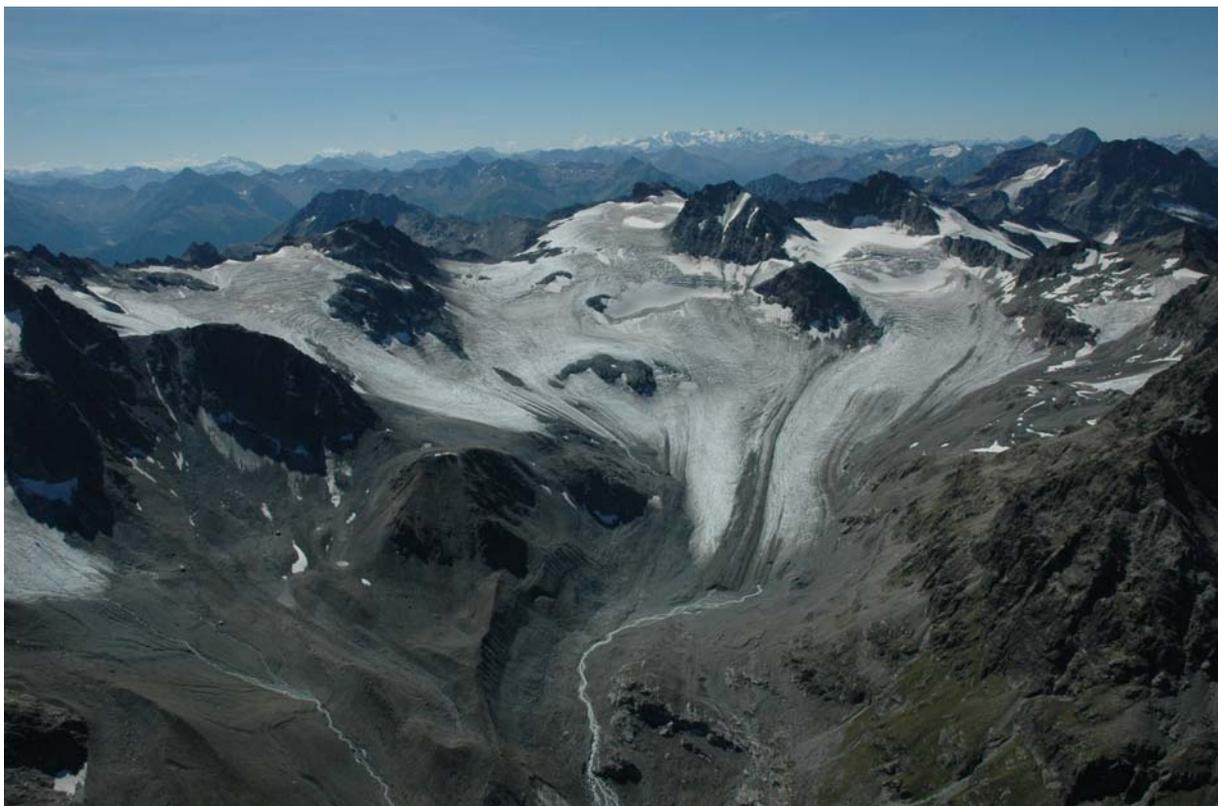


Abbildung: 6 Jamtal Ferner am 31.08.2009



Abbildung 7: Jamtal Ferner Richtung Chalausspitzen und Gemsspitze am 31.08.2009.



Abbildung: 8 Jamtal Ferner Richtung Jamspitzen und Dreiländerspitze (31.08.2009)



Abbildung: 9 Jamtal Ferner am 22.09.2009

Die Jahresbilanz wird in ähnlicher Weise errechnet, nur kommt zu den Schneeschächten im Akkumulationsgebiet noch die Messung des Eisverlustes mit Ablationspegel im Zehrgebiet hinzu. Die Ablationspegel wurden ursprünglich im Herbst 1988 eingebohrt, in den Folgejahren ersetzt und nachgebohrt und während des Jahres 2008 mehrmals kontrolliert, die Herbstbegehung fand vom 22. bis 23. September 2009 statt. Dabei wurden zwei Ablationspegel in den obersten Höhenzonen neu installiert.

Abbildung 10 zeigt den zeitlichen Verlauf der Ablation im Jahre 2008 bei den Pegeln 2, 4, 6, 9, 12 in cm Eis.

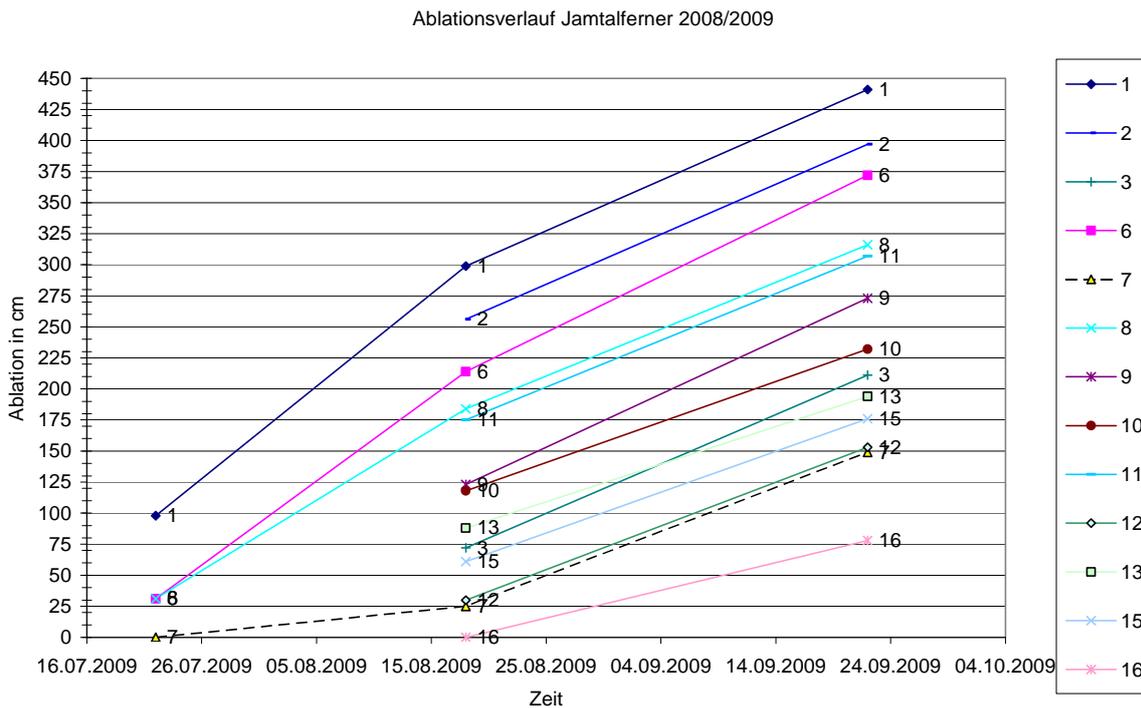


Abbildung 10: zeitlicher Verlauf der Ablation 2009 an den Pegeln.

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 cm	Pegel Nr.	Wasserwert cm
1	-415	8	-302
2	-375	9	-264
3	-208	10	-227
4	-206	11	-294
4n	-110	12	-156
5	-247	13	-184
6	-353	15	-167
7	-152	16	-179
		17	-276

Tabelle 5: Wasserwerte der Ablation an den Pegeln am Jamtal Ferner vom 1. 10. 2007 bis 30.9.2008.

Schacht	Seehöhe m	Tiefe cm	Dichte kg/m ³	Wasserwert mm
II	2920	24	577	14

Tabelle 6: Wasserwerte des Schneeschart am Jamtal Ferner. Der Wert entspricht der Jahresrücklage 1.10.2008 – 30.9.2009

Das Ergebnis dieser Messungen ist in Abbildung 11 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:

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

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

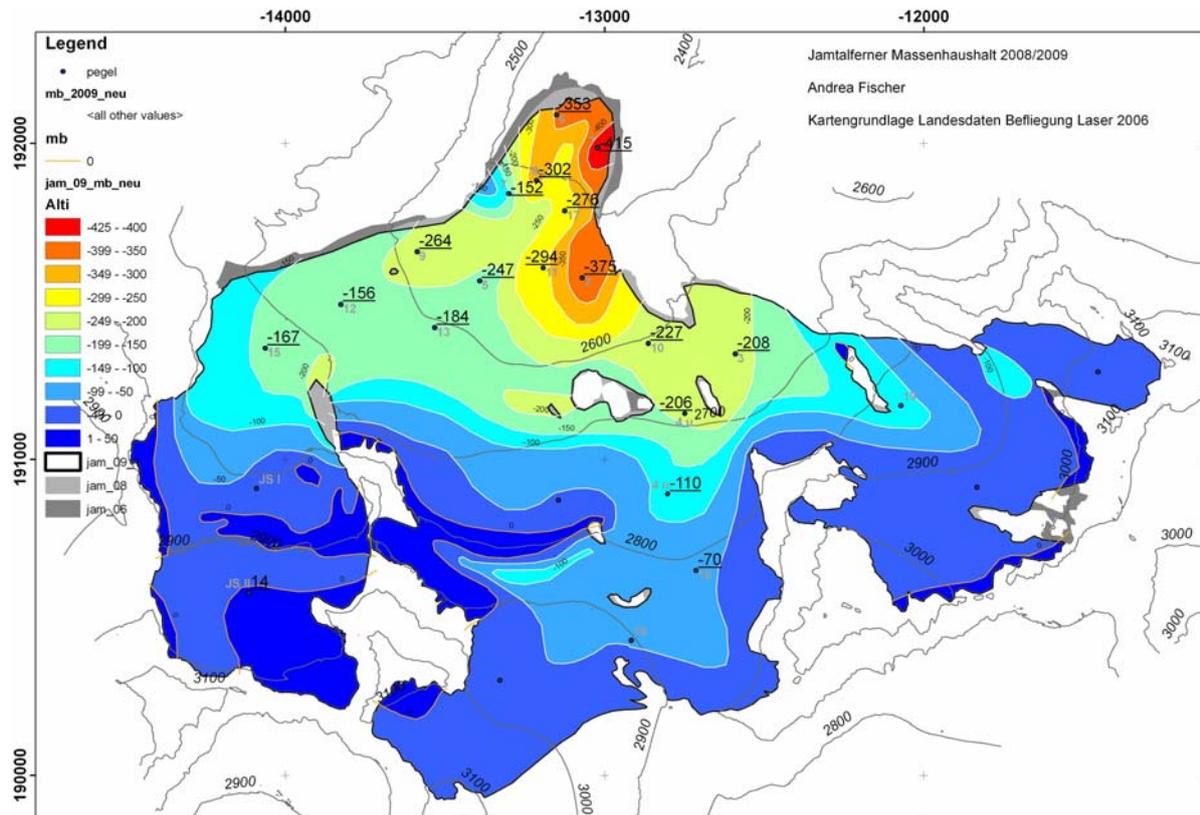


Abbildung 11: Isolinien des spezifischen Massenhaushaltes am Jamtal Ferner in cm Wasseräquivalent, gültig für den 30. 9. 2009.

B_c	$39,6 \cdot 10^3 \text{m}^3$		
b_c	125 mm		
Ablationsgebiet	2,934 km ²	Gleichgewichtslinie	
S_a	$-3139,3 \cdot 10^3 \text{m}^3$		3113
B_a	-1070 mm		m
b_a			
	3,251 km ²		
Jahresbilanz	$-3099,7 \cdot 10^3 \text{m}^3$		
S	-953 mm		
B			
b			
Winter		Sommer	
b_{wi}	1348 mm	b_{so}	-2301 mm

Tabelle 7: Die spezifische Massenbilanz am Jamtal Ferner 2008/09 nach Höhenstufen und Jahreszeiten. Die spezifischen Bilanzen sind als Wasseräquivalent angegeben: 1mm entspricht 1 kg m^{-2} . Flächen nach neuer Karte 2009.

Tabelle 8: Kennzahlen der Massenbilanz 2008/09 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 12 anschaulich dargestellt ist.

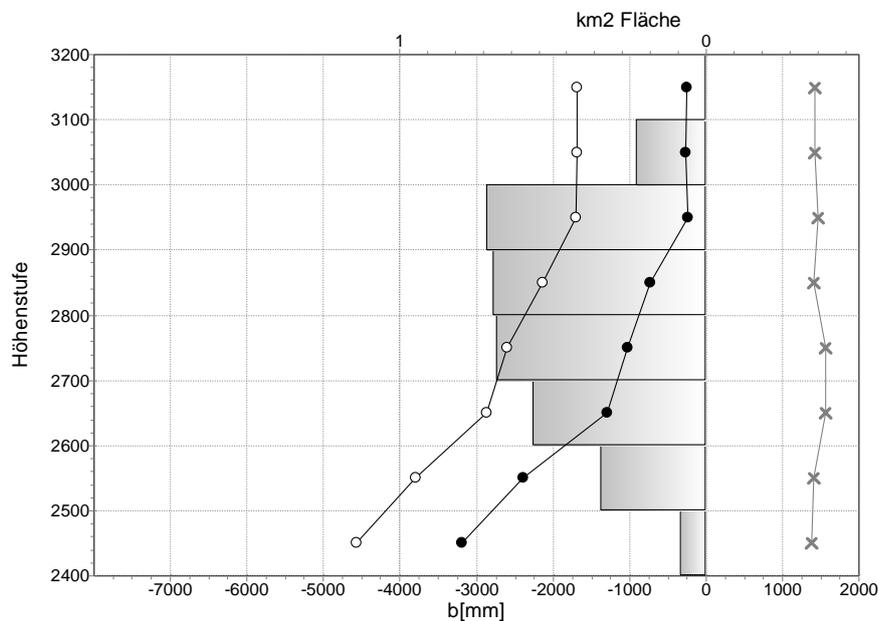


Abbildung 12: Die Verteilung der Flächen des Jamtal Ferners (Balken) und der Flächenmittel der spezifischen Jahresbilanz b (1.10.08 - 30.9.09 Punkte), der Winterbilanz b_{wi} (1.10.08 - 30.4.09 Kreuze) und der Sommerbilanz b_{so} (1.5. - 30.9.09 Kreise) für 100-m-Höhenstufen .

	Nettoakkum.			Nettoabl.		
	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
1988/89	1,31	0,42	320	2,54	-2,12	-834
1989/90	1,23	0,29	236	2,62	-1,93	-736
1990/91	0,38	0,07	183	3,46	-5,61	-1620
1991/92	0,26	0,03	118	3,59	-4,77	-1328
1992/93	1,69	0,65	385	2,16	-2,08	-965
1993/94	0,69	0,11	159	3,15	-3,29	-1044
1994/95	2,40	0,60	250	1,40	-1,15	-823
1995/96	1,27	0,40	315	2,52	-2,49	-990
1996/97	2,10	0,62	295	1,68	-1,44	-856
1997/98	0,33	0,07	210	3,45	-5,06	-1468
1998/99	1,78	0,50	283	2,00	-1,47	-739
1999/2000	2,28	0,83	364	1,39	-1,13	-810
2000/01	2,24	0,86	385	1,41	-1,09	-769
2001/02	1,02	0,40	389	2,60	-2,83	-1090
2002/03	0	0,00	0	3,46	-7,71	-2229
2003/04	1,38	0,32	228	2,07	-1,11	-534
2004/05	0,53	0,13	250	3,01	-3,58	-1189
2005/06	0,29	0,07	244	3,19	-4,56	-1439
2006/07	0,19	0,02	125	3,24	-4,96	-1532
2007/08	0,28	0,06	226	3,03	-3,31	-1093
2008/09	0,32	0,04	125	2,93	-3,14	-1070
Summe		6,49			-64,83	
Mittel	1,05	0,31	242	2,61	-3,09	-1103

Tabelle 9a: Vergleich der Kennzahlen des Massenhaushalts seit 1988/89.

Jamtal

	Massenbilanz						Flverh.	
	S km ²	B 10 ⁶ m ³	b mm	b kum. mm	b _s mm	b _w mm	Ela m	S _o /S
1988/89	3,85	-1,70	-441	-441	-1492	1051	2870	0,340
1989/90	3,85	-1,64	-426	-867	-1583	1157	2900	0,320
1990/91	3,85	-5,54	-1440	-2307	-2220	780	****	0,100
1991/92	3,85	-4,74	-1232	-3539	-2680	1448	****	0,070
1992/93	3,85	-1,43	-372	-3911	-1650	1278	2860	0,440
1993/94	3,85	-3,18	-827	-4738	-2120	1293	****	0,180
1994/95	3,80	-0,55	-145	-4883	-1590	1445	2820	0,630
1995/96	3,79	-2,09	-552	-5435	-1150	598	2900	0,340
1996/97	3,79	-0,82	-217	-5652	-1620	1403	2800	0,560
1997/98	3,78	-4,99	-1320	-6972	-2340	1020	****	0,090
1998/99	3,78	-0,97	-257	-7229	-1945	1688	2870	0,470
1999/2000	3,68	-0,30	-81	-7310	-1631	1550	2765	0,620
2000/01	3,65	-0,23	-62	-7372	-1480	1418	2780	0,610
2001/02	3,62	-2,43	-671	-8043	-2220	1530	2910	0,280
2002/03	3,46	-7,71	-2229	-10272	-3520	1293	****	0,000
2003/04	3,46	-0,79	-228	-10500	-1560	1330	2870	0,400
2004/05	3,54	-3,45	-975	-11475	-1825	850	****	0,150
2005/06	3,48	-4,49	-1290	-12765	-2430	1030	>3000	0,083
2006/07	3,43	-4,94	-1439	-14204	-2230	790	****	0,060
2007/08	3,31	-3,25	-981	-15185	-2461	1480	****	0,085
2008/09	3,25	-3,10	-953	-16138	-2301	1348	3113	0,098
Summe		-58,34	-16138					
Mittel	3,66	-2,78	-768		-2002	1228		0,28

Tabelle 9b: Vergleich der Kennzahlen des Massenhaushalts seit 1988/89.

7. Mitarbeiter

Die Feldarbeiten wurden von A. Fischer und 7 Mitarbeitern durchgeführt, die Analyse und der Bericht stammen von A. Fischer. Für die Überlassung von Klimadaten wird Herrn Dr. K. Gabl von der Regionalstelle für Tirol und Vorarlberg der ZAMG Innsbruck gedankt.