

# JAMTALFERNER

## MASSENHAUSHALT 2009/2010



Jahresbericht  
des Instituts für Meteorologie und Geophysik  
der Universität Innsbruck  
im Auftrag des  
Hydrographischen Dienstes  
der Abteilung Wasserwirtschaft  
des Amtes der Tiroler Landesregierung

ANDREA FISCHER

01 2011



im Auftrag von:

Hydrographischer Dienst der Abteilung Wasserwirtschaft des Amtes der Tiroler Landesregierung  
Herrengasse 1–3

A-6020 Innsbruck/Austria

email: [hydrographie@tirol.gv.at](mailto:hydrographie@tirol.gv.at)

Tel.: +43(0)5125084251

Fax.: +43(0)5125084205

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 2009/2010.

# Inhaltsverzeichnis

<b>2</b>	<b>Das Untersuchungsgebiet</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Methoden</b>	<b>5</b>
3.1	Massenhaushalt . . . . .	5
3.2	Klima . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Witterungsverlauf 2009/2010</b>	<b>8</b>
4.1	Der Winter 2009/2010 . . . . .	10
4.2	Der Sommer 2010 . . . . .	10
<b>5</b>	<b>Der Massenhaushalt des Jamtal Ferners 2009/2010</b>	<b>14</b>
5.1	Die Winterbilanz des Jamtal Ferners 2009/2010 . . . . .	14
5.2	Die Jahresbilanz des Jamtal Ferners 2009/2010 . . . . .	16
5.2.1	Messwerte . . . . .	16
5.2.2	Auswertung . . . . .	18
5.2.3	Ergebnisse . . . . .	20
<b>6</b>	<b>Mitarbeiter</b>	<b>24</b>
<b>7</b>	<b>Anhang</b>	<b>25</b>

## 2 Das Untersuchungsgebiet

Der Jamtal Ferner entwässert über das Jamtal in die Trisanna im Einzugsgebiet des Inn. Mit einer Fläche von 3,31 km<sup>2</sup> hat er an der gesamten vergletscherten Fläche des Jamtals heute einen Anteil von rund 50 %. Weitere topographische Daten sind in Tabelle 1 angeführt.

Die Abbildung 1 zeigt eine Karte des Jamtalferners, Abbildung 2 das Orthofoto aus dem Jahr 2002. Der Jamtal Ferner hat eine kurze Zunge im Höhenbereich von etwa 2400 bis 2600 m. 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.

Fläche im Jahr	1969	4,13	km <sup>2</sup>
	2008	3,31	km <sup>2</sup>
Höchster Punkt		3160	m
Tiefster Punkt		2430	m
Gletscherlänge	2008	2,3	km
Exposition:			
Akkumulationsgebiet	Nord, teilweise West		
Ablationsgebiet	Nord		

Tabelle 1: Topographische Kennzahlen des Jamtal Ferners.

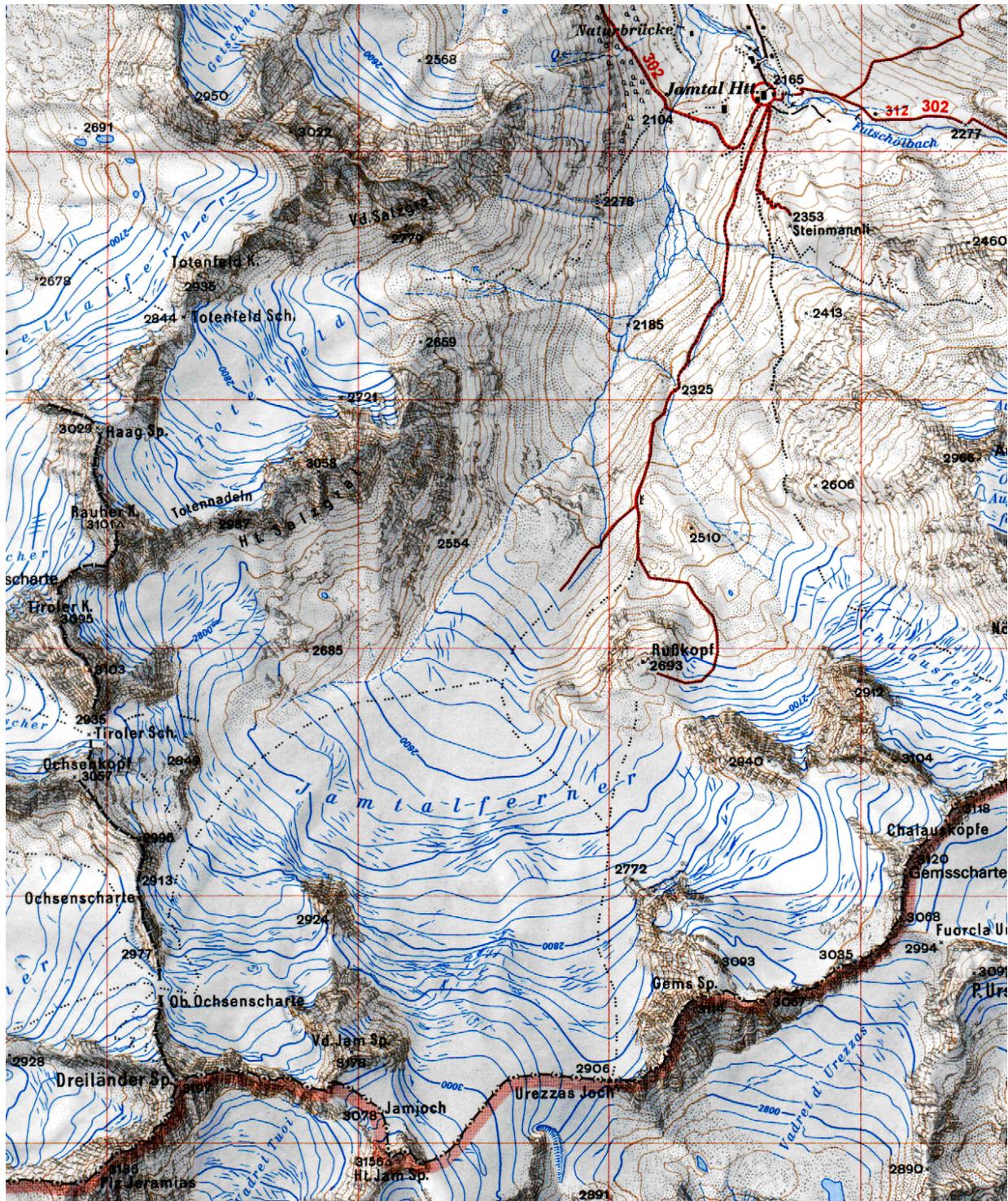


Abbildung 1: Karte des Jämtal Ferners, AV-Karte 1 : 25.000 (Ausgabe 1999, Gletscherstand 1991).

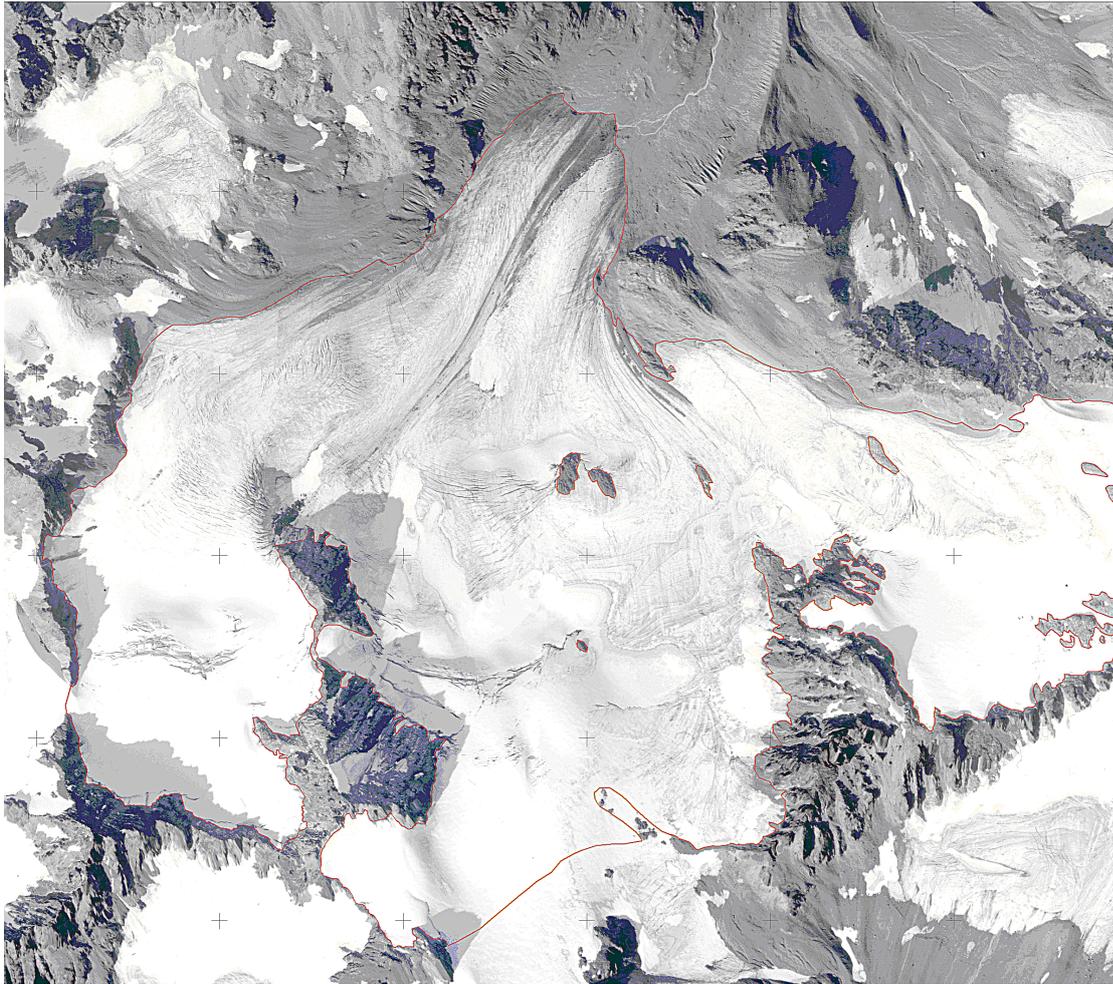


Abbildung 2: Orthofoto 2002.

## 3 Methoden

### 3.1 Massenhaushalt

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  $B$  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 aktuellen Messtellen am Jamtalferner sind in Abbildung 3 dargestellt. Die Messung des Massenhaushaltes wird wie in Hoinkes (1970) beschrieben durchgeführt. Details zur digitalen Auswertung wurden von Fischer und Markl (2009) beschrieben.

Die spezifische Bilanz  $b$  ergibt sich aus der Massenänderung  $B$  und der Fläche  $S$ . Die Gesamtfläche wurde auch nach Flächen mit Netto-Akkumulation  $S_c$  und Flächen mit Netto-Ablation  $S_a$  getrennt. Die Bilanzen dieser Teilflächen sind  $B_c$  und  $B_a$ , die entsprechenden mittleren spezifischen Bilanzen sind  $b_c$  und  $b_a$ .

$$S = S_c + S_a \quad (1)$$

$$B = B_c + B_a \quad (2)$$

$$b = B/S \quad (3)$$

$$b_c = B_c/S_c \quad (4)$$

$$b_a = B_a/S_a \quad (5)$$

Aus den Schneeschächten zu Ende des Winters und Sondierungen wird eine spezifische Winterbilanz  $b_{wi}$  berechnet. Aus dieser wird die spezifische Sommerbilanz  $b_{so}$  als Differenz zwischen spezifischer Massenbilanz  $b$  und spezifischer Winterbilanz  $b_{wi}$  berechnet.

$$b_{so} = b - b_{wi} \quad (6)$$

$$B_{wi} = b_{wi} \cdot S \quad (7)$$

$$B_{so} = b_{so} \cdot S \quad (8)$$

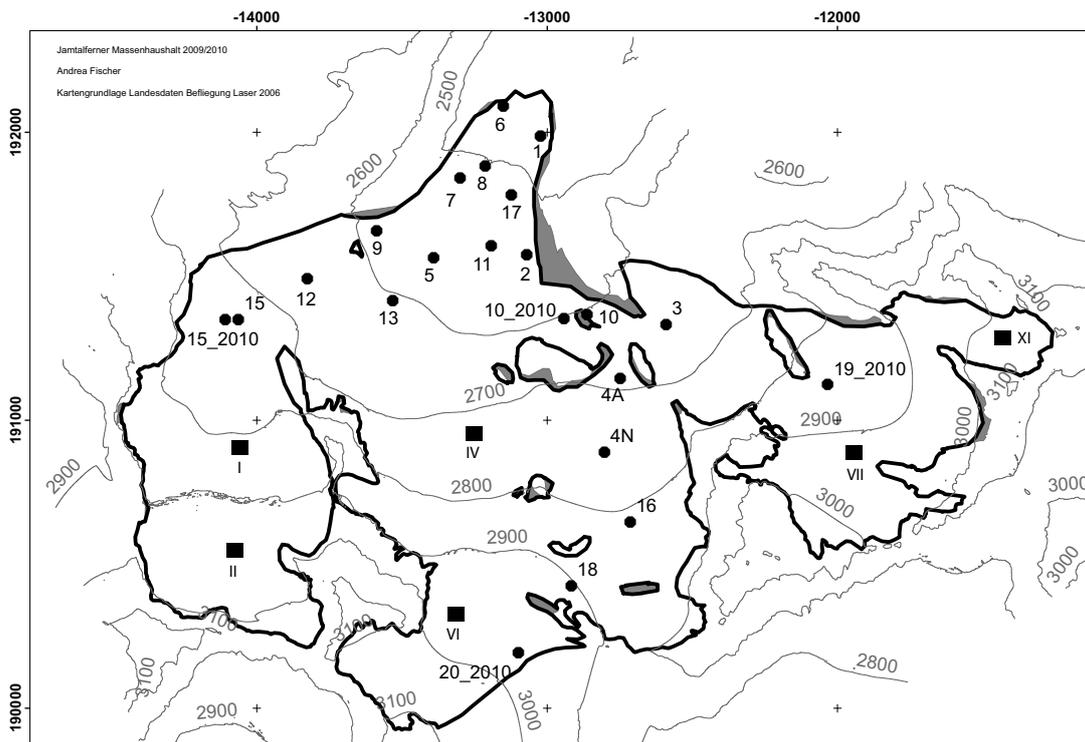


Abbildung 3: Messstellen am Jamtalferner im Haushaltsjahr 2009/10. Graue Flächen waren im Vorjahr des Berichtsjahres noch mit Eis bedeckt, nicht aber am Ende des Berichtsjahres.

Die Höhe der Gleichgewichtslinie (ELA) ergibt sich als niedrigster Schnittpunkt der Verteilung der spezifischen Massenbilanz mit der Höhe mit der  $b=0$  Achse.

## 3.2 Klima

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.

Wie in der Glaziologie üblich, weicht die Definition von Winter und Sommer von Anderen in Meteorologie und Hydrologie gebräuchlichen ab: Der Winter umfasst die Monate Oktober bis einschließlich April, der Sommer von Mai bis September. Damit nähert man sich den mittleren tatsächlichen Akkumulations- und Ablationszeiten bestmöglich an. Die folgenden Angaben zur Witterung basieren auf Messwerten der Station Galtür (1648 m) der Regionalstelle für Tirol und Vorarlberg der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. Die Station befindet sich ca 5,5 km nördlich des Gletscherendes.

## 4 Witterungsverlauf 2009/2010

Das hydrologische Jahr 1.10.2009 - 30.9.2010 entsprach mit einer Mitteltemperatur von 2,7°C genau dem langjährigen Mittel 1951 - 2000. Der Niederschlag von 966 mm lag unter dem langjährigen Mittelwert von 1013 mm. Am Regenschlag Jamtalferner Zunge wurde von 22.09.2009 bis 22.09.2010 ein Niederschlag von 1482 mm gemessen. Die Temperatur- und Niederschlagsdaten der Station Galtür sind in Tabelle 2 zusammengefasst, die Abweichungen vom langjährigen Mittel sind zusätzlich in Abbildung 4 dargestellt. 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	T °C 2009/10	T °C 1951 - 2000	T °C $\Delta T$	N mm 2009/10	N mm 1951 - 2000	N mm $\Delta N$
Oktober	3,5	3,9	-0,4	48	60	-12
November	1,5	-1,7	3,2	78	64	14
Dezember	-6,3	-4,8	-1,5	37	62	-25
Januar	-8,4	-5,9	-2,5	10	66	-56
Februar	-6,2	-5,4	-0,8	17	57	-40
März	-2,6	-2,2	-0,4	27	60	-33
April	2,7	1,3	1,4	35	54	-19
Winter	-2,3	-2,1	-0,2	252	423	-171
Mai	5,8	6,3	-0,5	114	81	33
Juni	10,7	9,5	1,2	121	123	-2
Juli	13,9	11,6	2,3	190	147	43
August	11,1	11,2	-0,1	262	142	120
September	7,2	8,2	-1,0	27	97	-70
Sommer	9,7	9,4	0,3	714	590	124
hydrolog. Jahr	2,7	2,7	0,0	966	1013	-47

Tabelle 2: Klimadaten 2009/2010 an der Station Galtür der ZAMG in 1648 m Seehöhe.  
T...Temperatur, N...Niederschlag.

Abweichung der Klimawerte 2009/2010 an der Station Galtür vom langjährigen Mittel

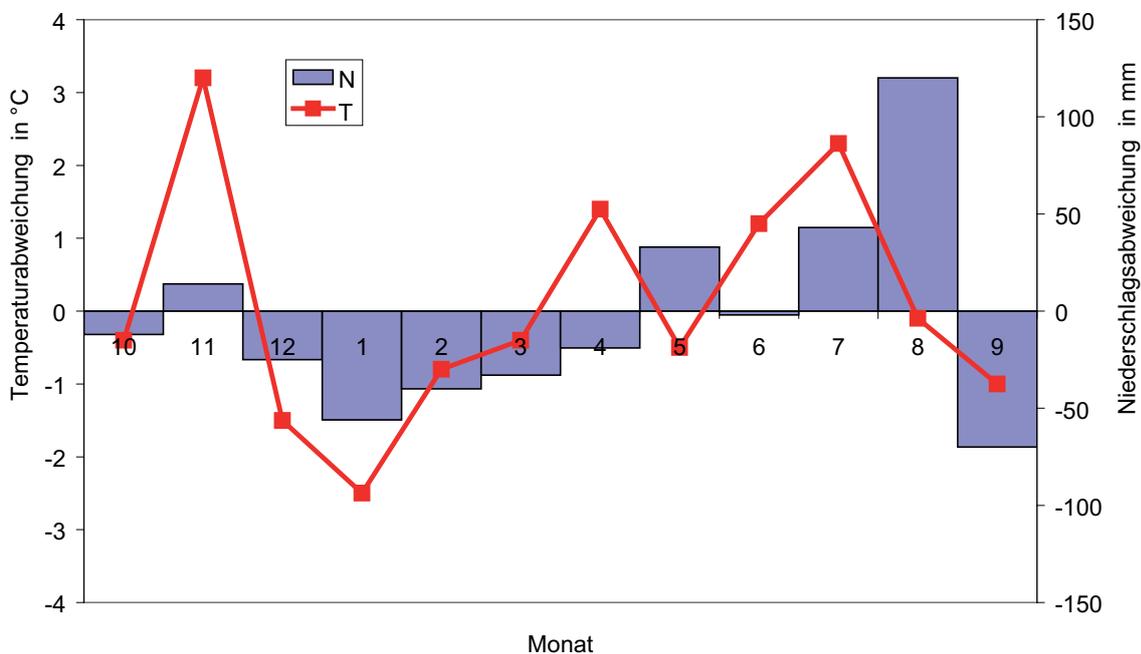


Abbildung 4: Abweichung der Klimawerte der Temperatur (T) und des Niederschlags (N) für das Jahr 2009/2010 an der Station Galtür vom langjährigen Mittel 1951-2000.

## 4.1 Der Winter 2009/2010

Die Temperatur des Winters 2009/2010 (Oktober - April) lag mit  $-2.3^{\circ}\text{C}$  um  $-0.2^{\circ}\text{C}$  unter dem Mittelwert 1951-2000 ( $-2,1^{\circ}\text{C}$ ). Zu warm waren die Monate November ( $+3,2^{\circ}\text{C}$ ) und April ( $+1,4^{\circ}\text{C}$ ), alle anderen Wintermonate waren zu kühl. Die Niederschlagsmenge lag mit 252 mm noch unter dem Wert des Vorjahres und um 171 mm unter dem langjährigen Mittelwert 1951-2000 von 423 mm. Alle Monate bis auf den zu warmen November zeigten unterdurchschnittlichen Niederschlag. Besonders zu trocken waren der Jänner und der Februar und der März, in denen ein Sechstel bis ein Drittel des langjährigen Mittels der Niederschlagssummen fiel. Beim Regenmesser Jamtalferner Zunge wurde im Zeitraum von 22.09.2009 bis 27.04.2010 ein Niederschlag von 547 mm gemessen (Winter 2008/2009: 703 mm).

## 4.2 Der Sommer 2010

Der Sommer 2010 war gegenüber dem langjährigen Mittel von 1951-2000 zu warm und zu feucht. Die Mitteltemperatur des Sommers 2010 (Mai bis September) betrug  $9,7^{\circ}\text{C}$  (2009:  $11,0^{\circ}\text{C}$ ) und war um  $+0,3^{\circ}\text{C}$  wärmer als im langjährigen Mittel. Juni und Juli waren zu warm mit positiven Abweichungen von  $+1,2^{\circ}\text{C}$  und  $+2,3^{\circ}\text{C}$ . Die stärkste negative Abweichung zeigte der September, der um  $1,0^{\circ}\text{C}$  zu kühl war. Der Sommer 2010 war mit 714 mm Niederschlag feuchter als das langjährige Mittel ( $+124$  mm). Mai ( $+33$  mm), Juli ( $+43$  mm) und besonders der August ( $+120$  mm) waren niederschlagsreicher als im langjährigen Mittel, der Juni lag etwa im Mittel und der September war deutlich zu trocken ( $-70$  mm). Beim Regenmesser Jamtalferner Zunge wurde im Zeitraum 27.04.2010 - 22.9.2010 eine Niederschlagssumme von 935 mm gemessen (2009: 665 mm).

Der Winterniederschlag 2009/2010 führte zu einer etwas geringer mächtigen Schneedecke als im Vorjahr. Die Niederschläge in Form von Schnee im Mai und Juni verzögerten die Ausaperung etwas. Eine markante warme Periode Anfang Juni und eine etwas längere ab Mitte Juli führten zu einem raschen Abbau der Schneedecke bis zum Gipfelniveau. Die Schneefälle im August, die im Osten Österreichs teilweise sogar zum Ende der Ablationsperiode führten, brachten in der Silvretta nur eine kurze Unterbrechung der Schmelze, der Jamtalferner aperte danach wieder rasch aus. In den Abbildungen 5 und 6 ist der Rückgang der Schneebedeckung während des Sommers dargestellt. Zum Zeitpunkt der Herbstbegehung war der Gletscher zum Großteil mit Neuschnee bedeckt (Abbildung 7).

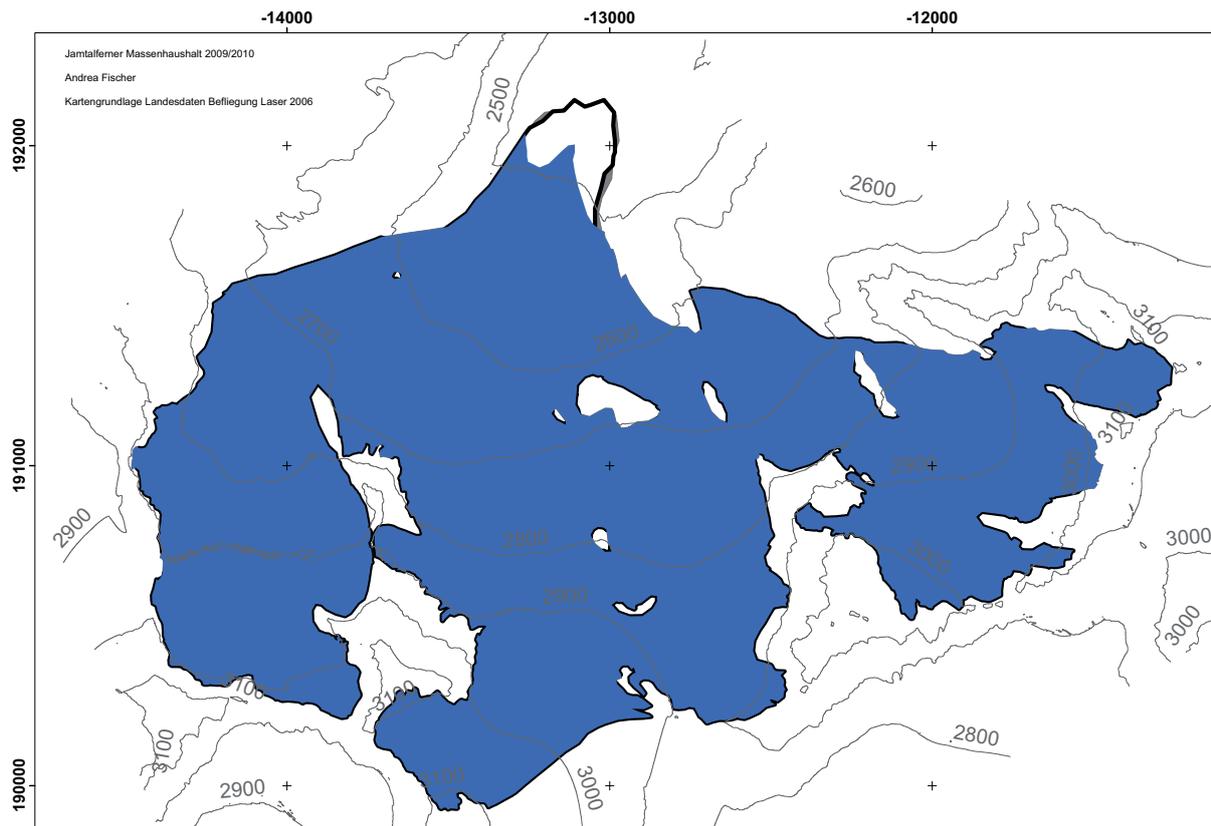


Abbildung 5: Schneebedeckung des Jamtalferners am 07.06.2010. Farbige Flächen sind Flächen mit Altschnee. Graue Flächen waren im Vorjahr des Berichtsjahres noch mit Eis bedeckt, nicht aber am Ende des Berichtsjahres.

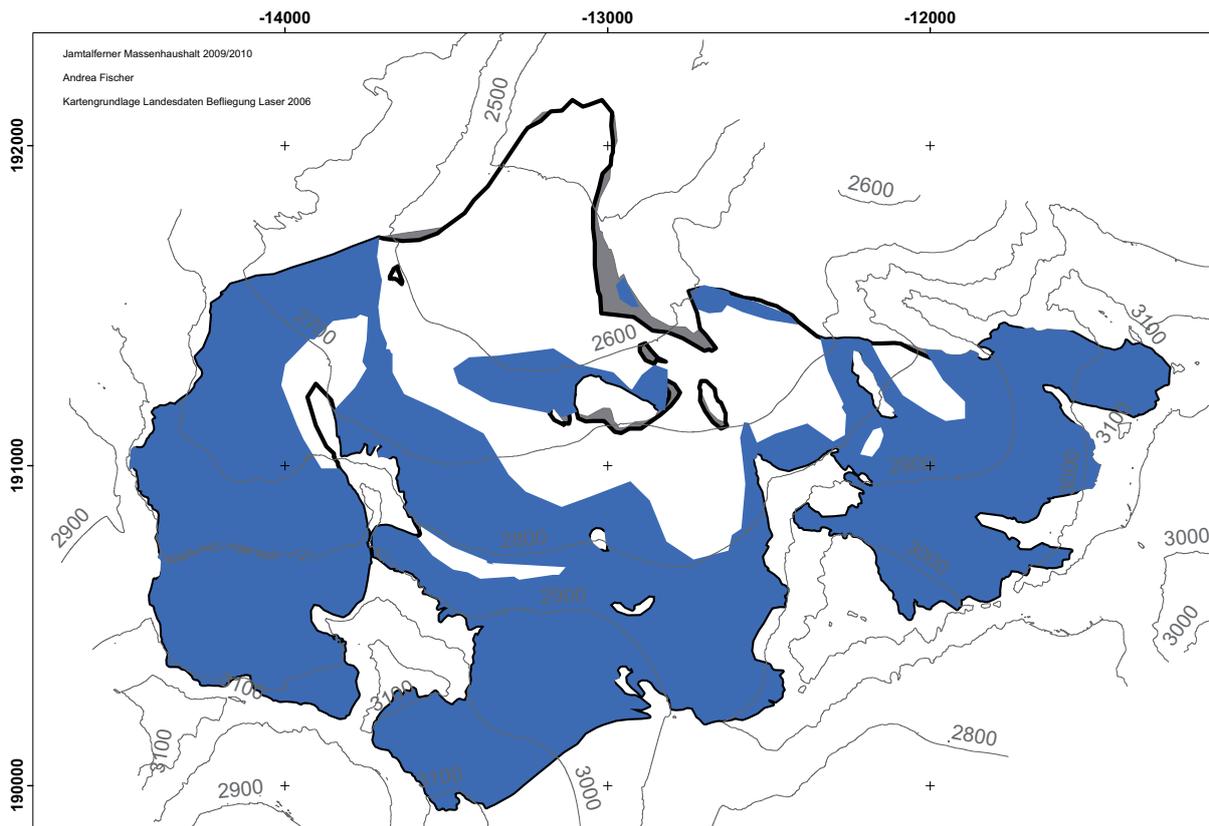


Abbildung 6: Schneebedeckung des Jamtalferners am 02.08.2010. Farbige Flächen sind Flächen mit Altschnee. Graue Flächen waren im Vorjahr des Berichtsjahres noch mit Eis bedeckt, nicht aber am Ende des Berichtsjahres.

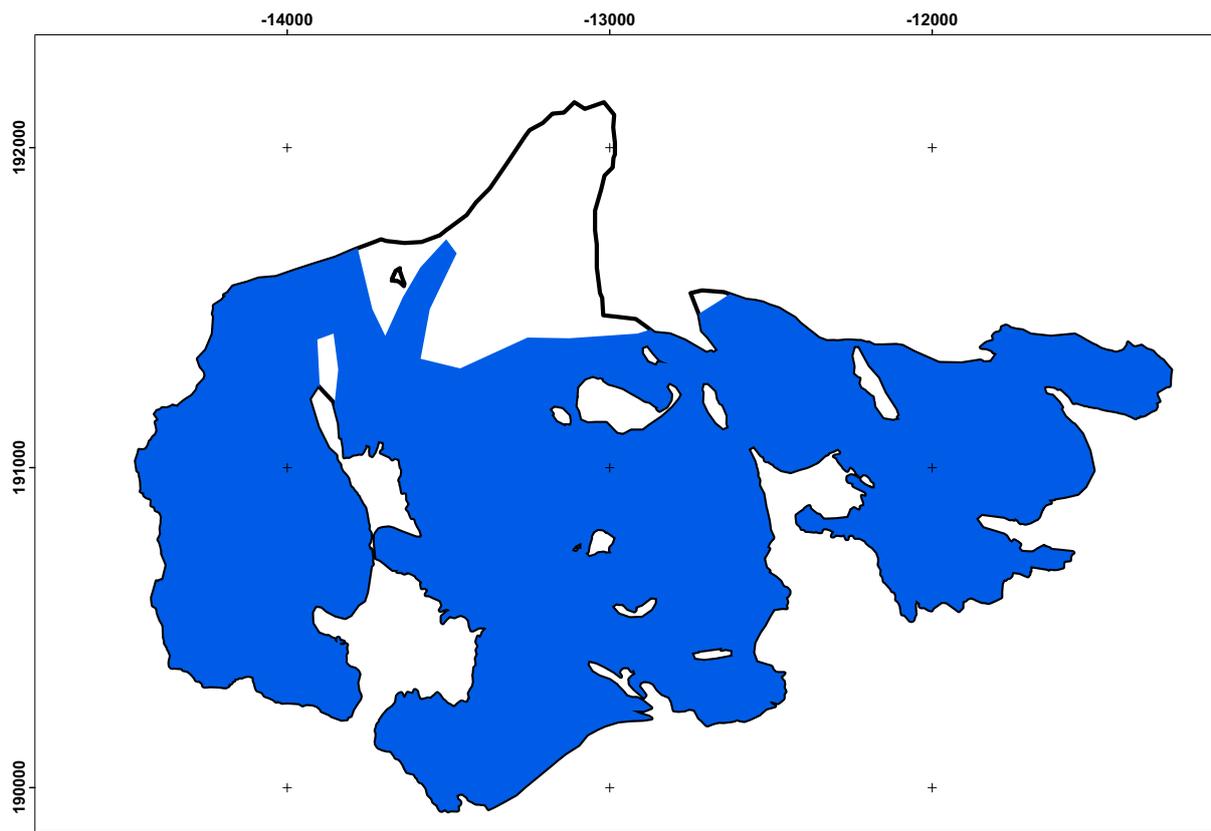


Abbildung 7: Schneebedeckung des Jamtalferners am 23.09.2010. Der Gletscher ist nicht von Altschnee, sondern Neuschnee bedeckt (blau). Graue Flächen waren im Vorjahr des Berichtsjahres noch mit Eis bedeckt, nicht aber am Ende des Berichtsjahres.

## 5 Der Massenhaushalt des Jamtal Ferners 2009/2010

Die zur Bestimmung des Massenhaushalts nötigen Feldarbeiten und Kontrollmessungen wurden an den in Tabelle 3 angeführten Tagen durchgeführt.

22.-24.09.2009
27.- 28. 04. 2010
06.07.2010
02.08.2010
22.-24.09.2010

Tabelle 3: Feldmessungen am Jamtalferner.

### 5.1 Die Winterbilanz des Jamtal Ferners 2009/2010

Am 27. und 28. 04. 2010 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 8 gibt die Lage der Schächte und Sondierungen wieder, Tabelle 4 ihre Tiefe und Dichte sowie den Wasserwert.

Schacht	Höhe in m	Schneehöhe in cm	WW in mm	Dichte in $\text{g cm}^{-3}$
JSI	2810	240	1060	0,44
JSII	2942	284	1196	0,42
JSIV	2743	236	935	0,40
JSVI	2744	214	862	0,40
JSVII	2921	241	962	0,40
JSXI	3022	224	882	0,39
	Mittel	239	983	0,41

Tabelle 4: Tiefe, Dichte und Wasserwerte der Schneeschnähte von 27. und 28.04.2010 am Jamtal Ferner

Die Summe dieser Werte über die Höhenstufen ergibt einen Wasserwert von  $B_{wi} = 3,25 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  (Vorjahr:  $4,55 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ) für die gesamte Winterbilanz. Das entspricht umgerechnet auf die Fläche

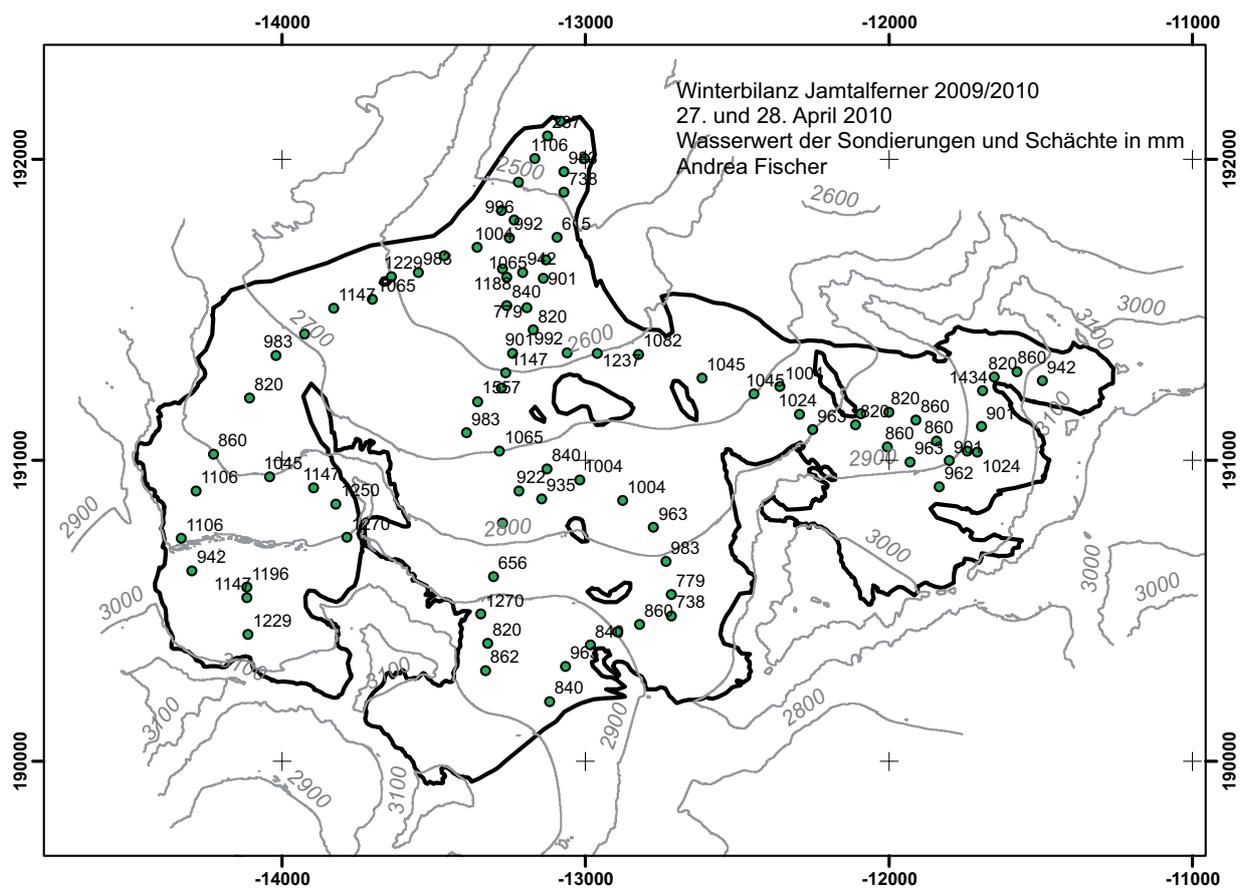


Abbildung 8: Lage der Messstellen (Punkte) mit Wasserwert der Schneedecke in mm w.e. Ende April 2010.

einer mittleren spezifischen Winterbilanz von  $b_{wi} = 984$  mm w.e. ( Vorjahr: 1305 mm w.e.). Die Winterbilanz des Jamtal Ferners aufgeteilt nach Höhenstufen ist in Tabelle 5 zusammengefasst.

Höhenstufe	Fläche	Anzahl Sondierungen	Schneehöhe	Wasserwert	Bilanz
m	m <sup>2</sup>		cm	mm w.e.	m <sup>3</sup> Wasser
2400-2500	67519	7	206	843	56900
2500-2600	329951	17	232	951	313881
2600-2700	549225	13	282	1157	635411
2700-2800	673092	12	243	995	669558
2800-2900	689105	20	223	915	630324
2900-3000	711008	18	249	1021	726176
3000-3100	227113	1	230	942	213941
3100-3200	4426	1	230	942	4170
Summe	3251440	89			3250360
Mittel			237		
	$b_{wi}$ Gesamt	984	mm w.e.		

Tabelle 5: Winterbilanz nach Höhenstufen im Haushaltsjahr 2009/2010.

## 5.2 Die Jahresbilanz des Jamtal Ferners 2009/2010

### 5.2.1 Messwerte

Die Ablationsbeträge des Haushaltsjahres 2009/10 an den Pegeln sind in der Tabelle 6, die Jahres-Akkumulations-Werte des Schachtes II in Tabelle 9. Im Herbst 2010 wurden die Schächte II, I und VII gegraben, aber nur der Schacht II wies eine Rücklage auf. Die anderen Schächte waren nur von 20–31 cm Neuschnee bedeckt, da über den Sommer dort ein Massenverlust eingetreten ist, wurde der Neuschnee zum Zeitpunkt der Begehung nicht berücksichtigt. Deshalb ist in Tabelle 9 nur Schacht II angeführt. Abbildung 9 zeigt den zeitlichen Verlauf der Ablation an ausgewählten Pegeln im Jahre 2010.

### Ablationsverlauf Jamtalferner 2010

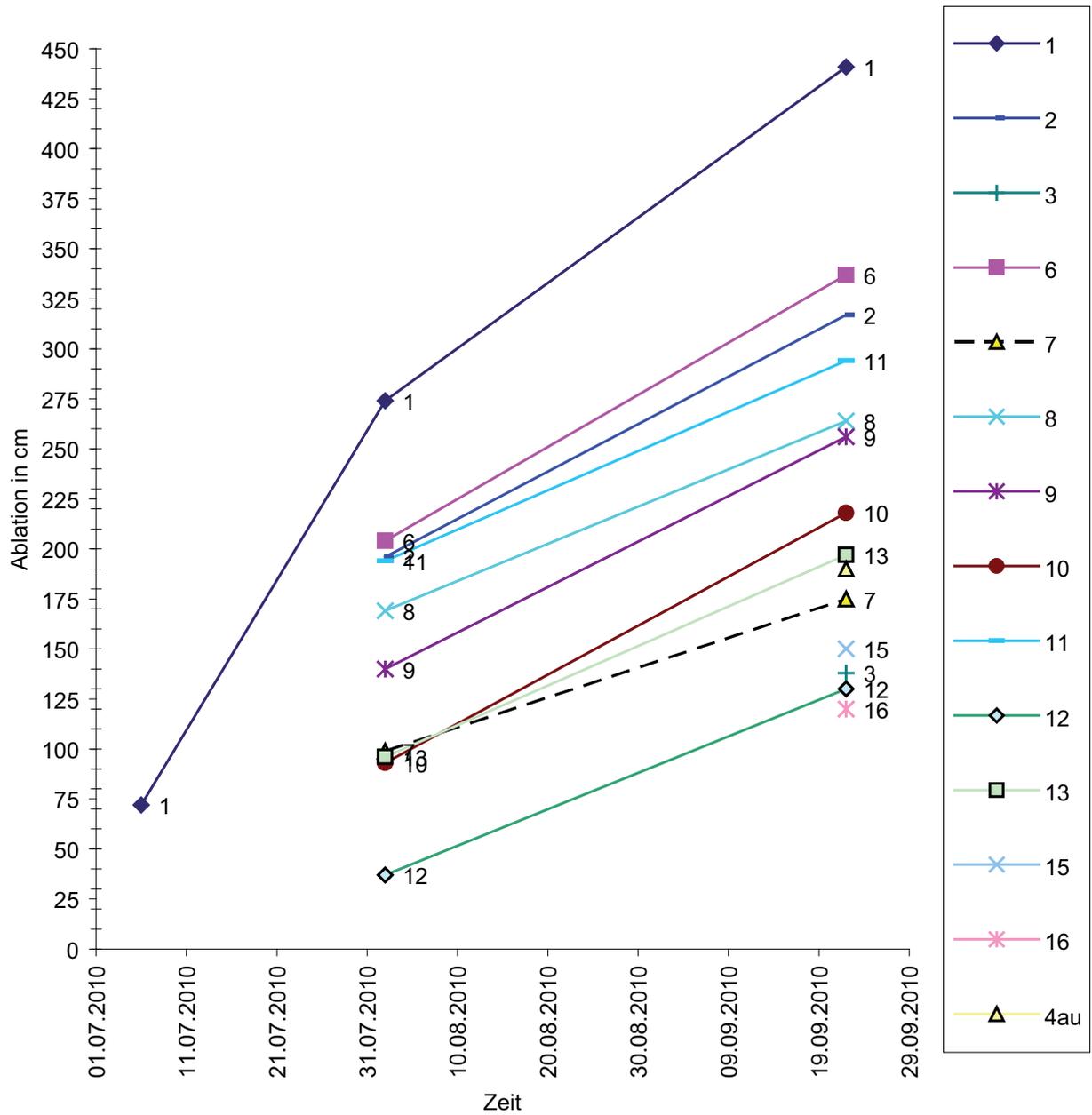


Abbildung 9: Zeitlicher Verlauf der Ablation 2010 in cm Eis an den Pegeln.

Pegel	WW in cm	Pegel	WW in cm
1	-397	9	-230
2	-285	10	-196
3	-124	11	-265
4u	-171	12	-117
4o	-124	13	-177
5	-205	15	-135
6	-303	16	-108
7	-158	17	-284
8	-238	18	-135
		19	-138

Tabelle 6: Wasserwerte der Ablation an den Pegeln am Jamtal Ferner vom 1. 10. 2009 bis 30.9.2010.

### 5.2.2 Auswertung

Aus den Messwerten an den Pegeln wurde die Massenbilanzkarte des Jamtalferners interpoliert (Abbildung 10), die die Flächen gleicher Massenbilanz wiedergibt. Die für die einzelnen Höhenzonen aus dieser Karte berechneten Haushaltswerte sind in der Tabelle 7 zusammengefasst.

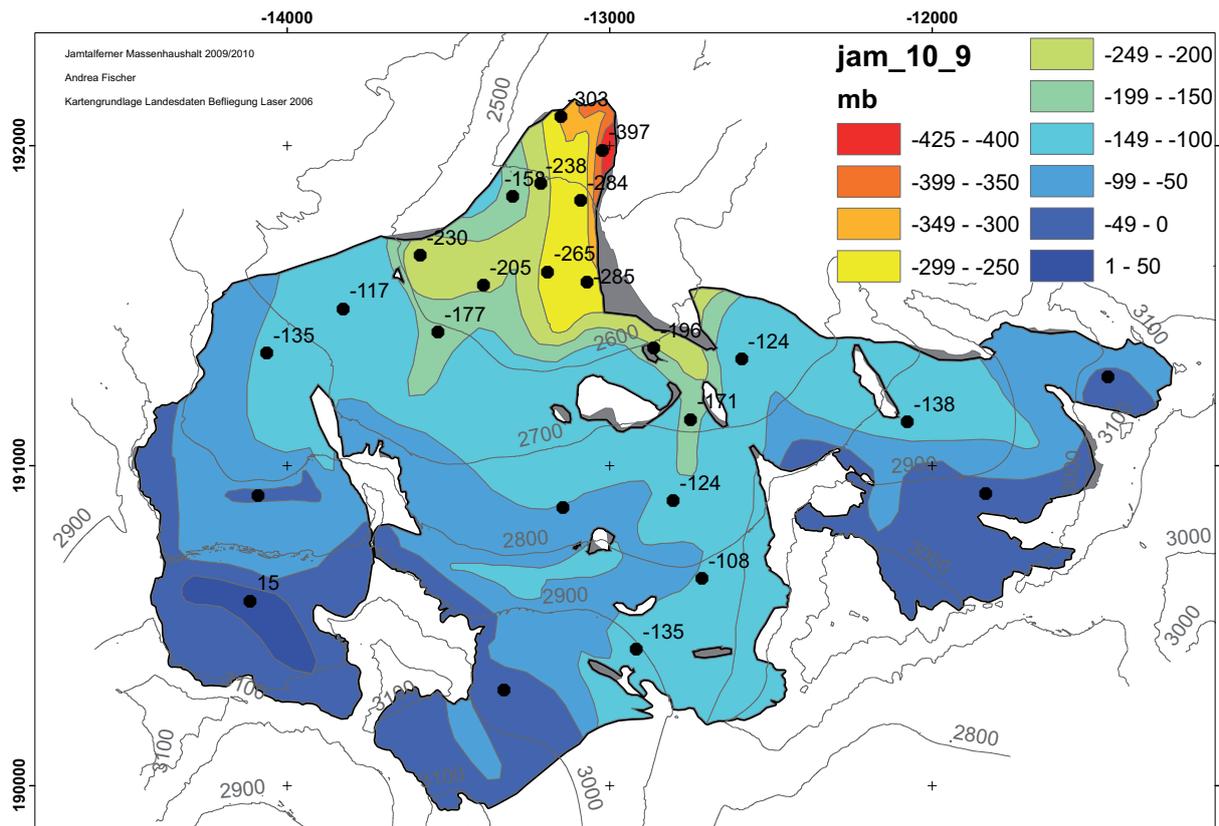


Abbildung 10: Isolinien des spezifischen Massenhaushaltes am Jamtal Ferner in cm Wasseräquivalent, gültig für den 30. 9. 2010. Graue Flächen: Flächenänderung zwischen 1.10.2009 und 30.09.2010.

Zone	Fläche	B	b
	$km^2$	$10^3m^3$	mm w.e.
3100 - 3200	0,004	-1,1	-250
3000 - 3100	0,223	-79,1	-355
2900 - 3000	0,705	-317	-450
2800 - 2900	0,677	-610	-901
2700 - 2800	0,666	-678,2	-1018
2600 - 2700	0,531	-696,2	-1312
2500 - 2600	0,302	-644,8	-2138
2400 - 2500	0,063	-189,3	-2998

Tabelle 7: Nettobilanz und die spezifische Massenbilanz am Jamtal Ferner 2009/10 nach Höhenstufen. Die spezifischen Bilanzen sind als Wasseräquivalent angegeben: 1mm entspricht  $1\text{ kg m}^{-2}$ . Flächen nach neuer Karte 2010.

### 5.2.3 Ergebnisse

Die spezifische Massenbilanz des Haushaltsjahres 2009/10 liegt mit -1014 mm w.e. um 255 mm w.e. oder etwa 25% unter dem Mittel der bisher gemessenen Jahre. Die Gleichgewichtslinie lag über dem Gipfelniveau, die Fläche verringert sich gegenüber dem Vorjahr um  $0,08\text{ km}^2$ . Besonders auffallend war das Ausapern der Felsfenster an den orografisch rechten Zuflüssen zur Zunge, sie verringern den Eiszufluß zur Zunge weiter (Fotos im Anhang in Abbildungen 12 bis 19). Die langjährigen Mittel und die bisher gemessenen Jahreswerte der Kennzahlen der Massenbilanz sind in Tabelle 10 angeführt.

### Jamtal Ferner 2009/10

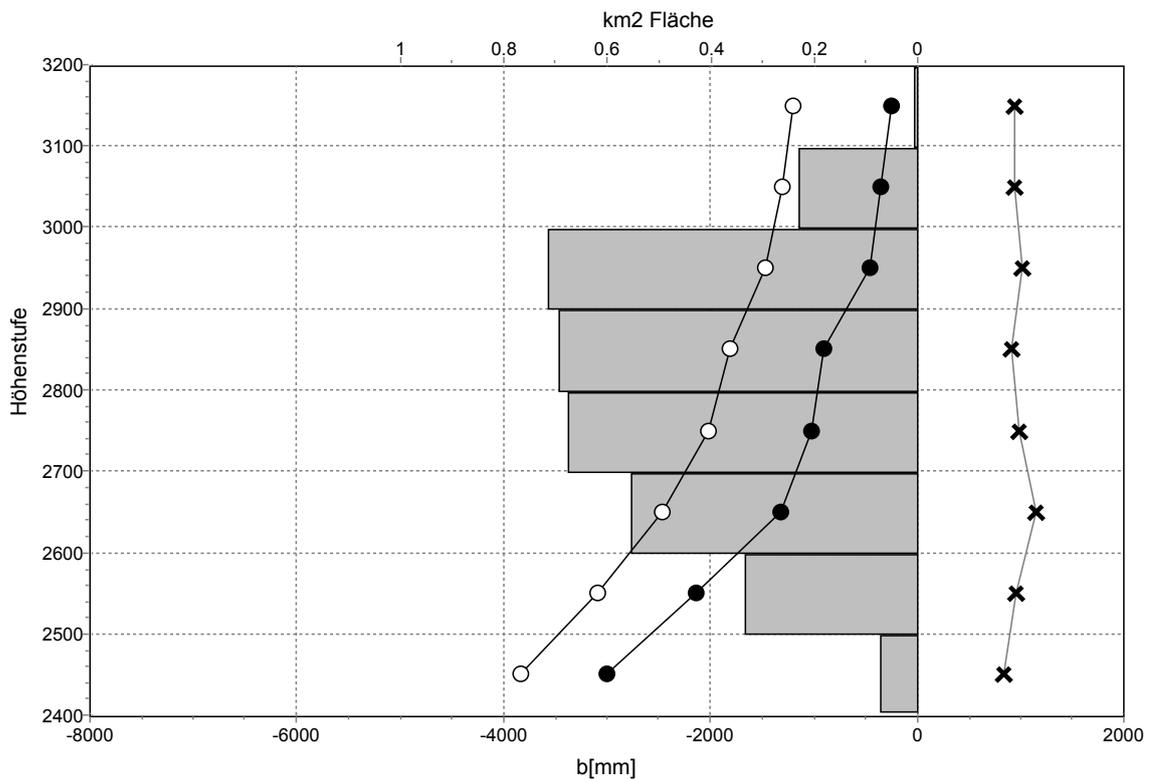


Abbildung 11: Die Verteilung der Flächen des Jamtal Ferners (Balken) und der Flächenmittel der spezifischen Jahresbilanz  $b$  (1.10.09 - 30.9.10, schwarze Kreise), der Winterbilanz  $b_{wi}$  (1.10.09 - 30.4.10, x) und der Sommerbilanz  $b_{so}$  (1.5. - 30.9.10, weiße Kreise) für 100-m-Höhenstufen.

$S_c =$	0,051	km <sup>2</sup>
$B_c =$	6,4	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
$b_c =$	125	mm
$S_a =$	3,12	km <sup>2</sup>
$B_a =$	-3222,1	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
$b_a =$	-1033	mm
$S =$	3,171	km <sup>2</sup>
$B =$	-3215,7	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
$b =$	-1014	mm
$S_c/S =$	0,016	
ELA=	>3200	m

Tabelle 8: Kennzahlen der Massenbilanz 2009/10 des Jamtal Ferners

Schacht	Seehöhe	Tiefe	Dichte	Wasserwert
	m	cm	kgm <sup>-3</sup>	mm
JS II	2920	31	481	14,9

Tabelle 9: Wasserwert des Schneeschachtes II am Jamtal Ferner. Der Wert entspricht der Jahresrücklage 1.10.2009 - 30.9.2010

Jahr	S	B	b	$b_{so}$	$b_{wi}$	ELA	$S_c/S$
	$km^2$	$10^6 m^3$	mm w.e.	mm w.e.	mm w.e.	m	
1988/89	3,85	-1,70	-441	-1492	1051	2870	0,340
1989/90	3,85	-1,64	-426	-1583	1157	2900	0,320
1990/91	3,85	-5,54	-1440	-2220	780	****	0,100
1991/92	3,85	-4,74	-1232	-2680	1448	****	0,070
1992/93	3,85	-1,43	-372	-1650	1278	2860	0,440
1993/94	3,85	-3,18	-827	-2120	1293	****	0,180
1994/95	3,80	-0,55	-145	-1590	1445	2820	0,630
1995/96	3,79	-2,09	-552	-1150	598	2900	0,340
1996/97	3,79	-0,82	-217	-1620	1403	2800	0,560
1997/98	3,78	-4,99	-1320	-2340	1020	****	0,090
1998/99	3,78	-0,97	-257	-1945	1688	2870	0,470
1999/2000	3,68	-0,30	-81	-1631	1550	2765	0,620
2000/01	3,65	-0,23	-62	-1480	1418	2780	0,610
2001/02	3,62	-2,43	-671	-2220	1530	2910	0,280
2002/03	3,46	-7,71	-2229	-3520	1293	****	0,000
2003/04	3,46	-0,79	-228	-1560	1330	2870	0,400
2004/05	3,54	-3,45	-975	-1825	850	****	0,150
2005/06	3,48	-4,49	-1290	-2430	1030	****	0,083
2006/07	3,43	-4,94	-1439	-2230	790	****	0,060
2007/08	3,31	-3,25	-981	-2461	1480	****	0,085
2008/09	3,25	-3,10	-953	-2301	1348	3113	0,098
2009/10	3,17	-3,22	-1014	1998	984	****	0,016
Mittel	3,66	-2,78	-768	-2002	1228	2872	0,282

Tabelle 10: Vergleich der Kennzahlen des Massenhaushalts seit 1988/89. S...Fläche, B...Bilanz, b...spezifische Bilanz,  $b_s$ ...spezifische Sommerbilanz,  $b_{wi}$ ...spezifische Winterbilanz, ELA ... Höhe der Gleichgewichtslinie,  $S_c/S$  Flächenverhältnis, \*\*\*\*...Gleichgewichtslinie über Gipfelniveau.

## **6 Mitarbeiter**

Die Feldarbeiten wurden von A. Fischer und Mitarbeitern durchgeführt. Bei der Winterbegehung nahmen A. Gassner, S. Gruber und L. Hartl teil, bei der Herbstbegehung A. Haberkorn und H. Moser. 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.

## 7 Anhang



Abbildung 12: Im August und September 2010 neu ausgeaperte Felsfenster im Bereich des Pegels 10 (Foto vom 23.09.2010).



Abbildung 13: Felsfenster im Bereich des Pegels 4u (Foto vom 22.09.2010).



Abbildung 14: Felsfenster zwischen Pegel 9 und 12 (Foto vom 23.09.2010).



Abbildung 15: Ausgeaperte Felsen unterhalb der Jamspitze (Foto vom 23.09.2010).



Abbildung 16: Oroграфisch rechter Lappen mit Mittelmoräne (Foto vom 23.09.2010).

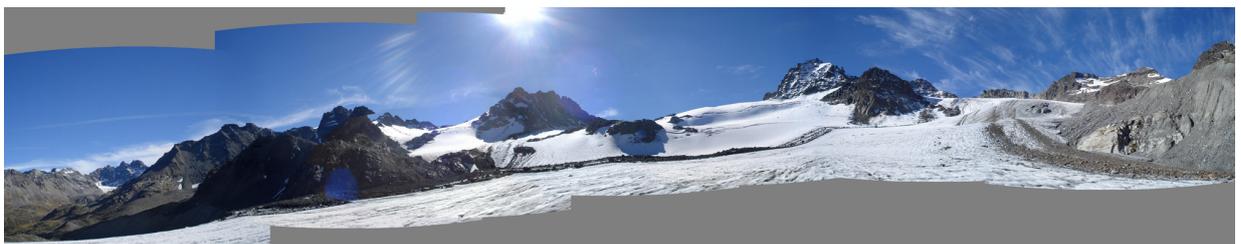


Abbildung 17: Überblick mit neuen Felsinseln (Foto vom 23.09.2010).



Abbildung 18: Der Felsen unterhalb von Pegel 19 liegt schon deutlich über der Gletscheroberfläche(Foto vom 23.09.2010).



Abbildung 19: Übersicht über die neuen Felsfenster im orographisch rechten Gletscherteil (Foto vom 23.09.2010).

## Literatur

Fischer, A., und G. Markl, 2009: Mass balance measurements on Hintereisferner, Kesselwandferner and Jamtalferner 2003 to 2006: database and results. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, **42(1)**, 47–83.

Hoinkes, H., 1970: Methoden und Möglichkeiten von Massenhaushaltsstudien auf Gletschern. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, **6**, 37–90.