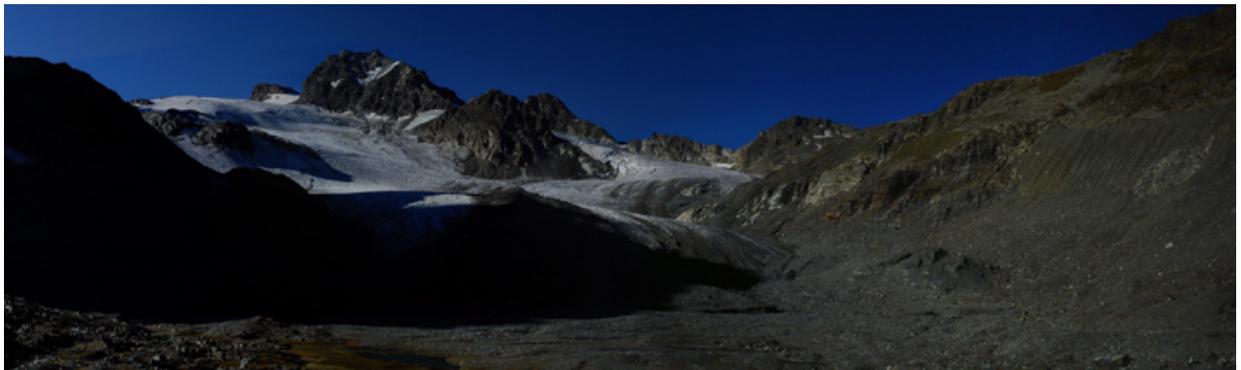


# JAMTALFERNER

## MASSENHAUSHALT 2010/2011



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

12 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 Jamtalferners mit der direkten glaziologischen Methode zu bestimmen. Der vorliegende Bericht ist eine Zusammenfassung der Arbeiten und Ergebnisse aus dem hydrologischen Jahr 2010/2011.

# 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 . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Witterungsverlauf 2010/2011</b>	<b>8</b>
4.1	Der Winter 2010/2011 . . . . .	9
4.2	Der Sommer 2011 . . . . .	10
<b>5</b>	<b>Der Massenhaushalt des Jamtalferners 2010/2011</b>	<b>15</b>
5.1	Die Winterbilanz des Jamtalferners 2010/2011 . . . . .	15
5.2	Die Jahresbilanz des Jamtalferners 2010/2011 . . . . .	17
5.2.1	Messwerte . . . . .	17
5.2.2	Auswertung . . . . .	19
5.2.3	Ergebnisse . . . . .	21
<b>6</b>	<b>Mitarbeiter</b>	<b>24</b>
<b>7</b>	<b>Anhang</b>	<b>25</b>

## 2 Das Untersuchungsgebiet

Der Jamtalferner 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 Jamtalferner 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 Jamtalferners.

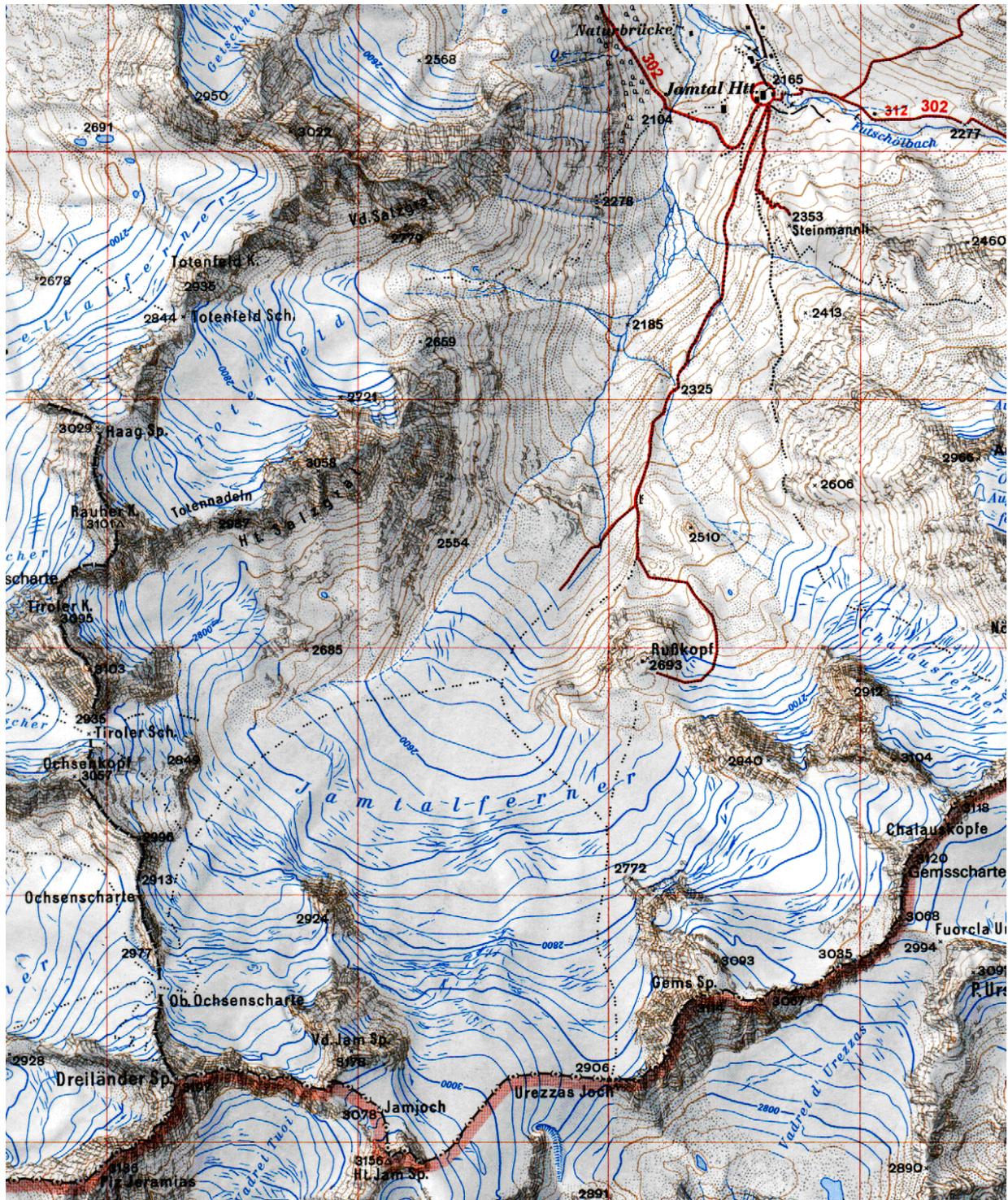


Abbildung 1: Karte des Jamtalferners, AV-Karte 1 : 25.000 (Ausgabe 1999, Gletscherstand 1991).

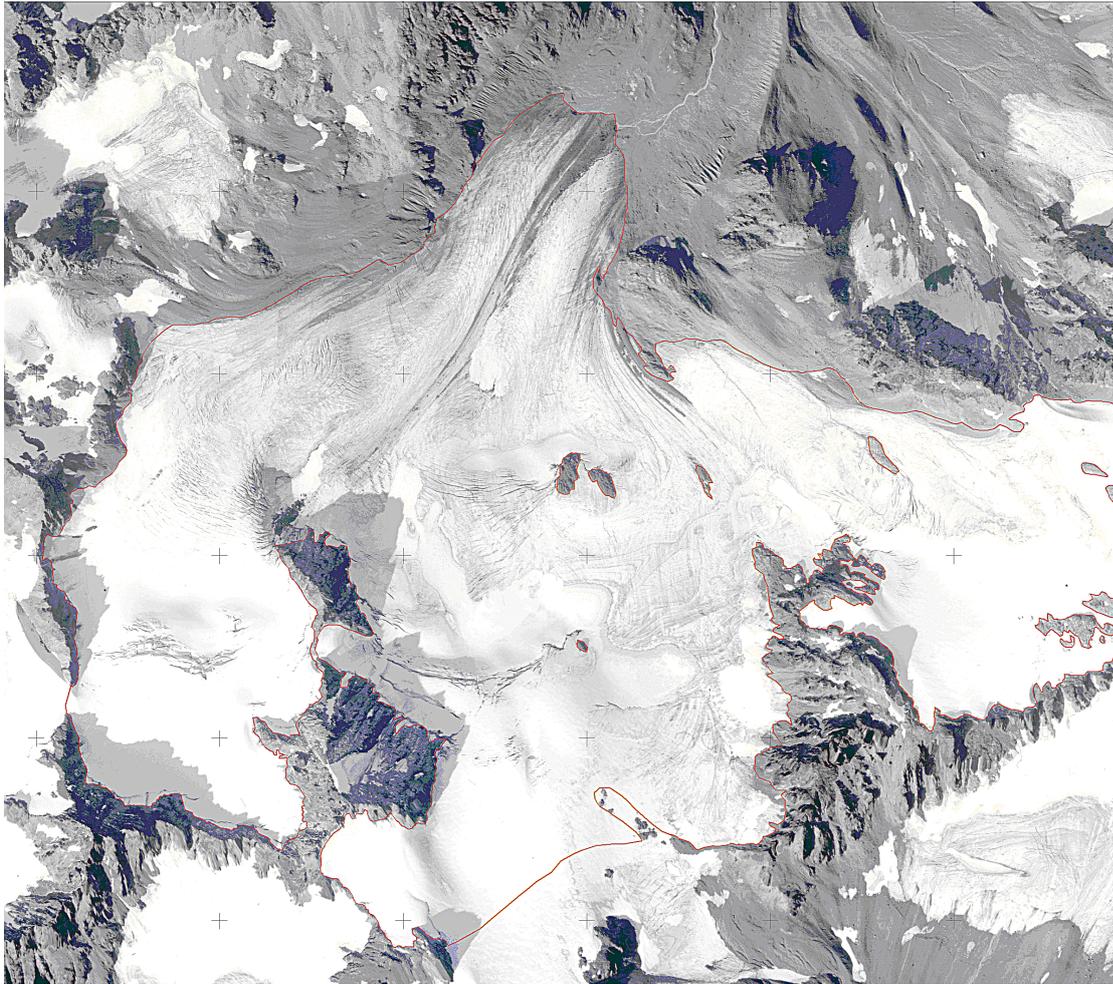


Abbildung 2: Orthofoto 2002.

## 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 Messstellen am Jamtalferner sind in Abbildung 3 dargestellt. Der Messung des Massenhaushaltes wird wie in Hoinkes (1970) beschrieben durchgeführt. Details zur digitalen Auswertung wurden von Fischer und Markl (2009) beschrieben.

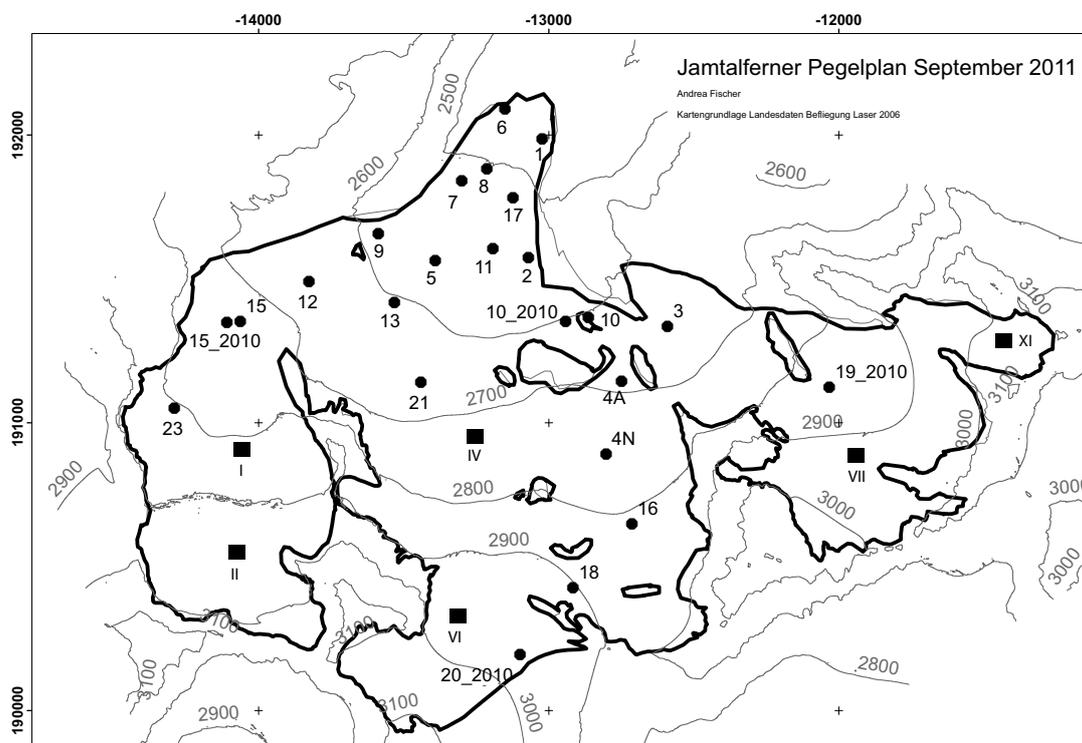


Abbildung 3: Messstellen am Jamtalferner im Haushaltsjahr 2010/2011.

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.

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

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

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

Die Höhe der Gleichgewichtslinie (ELA) ergibt sich als niedrigster Schnittpunkt der Verteilung der spezifischen Massenbilanz nach 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 vom 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 2010/2011

An der Station Galtür lag das hydrologische Jahr 1.10.2010 - 30.9.2011 mit einer Mitteltemperatur von 3,8 °C um 1,1 °C über dem langjährigen Mittel 1951 - 2000. Der Niederschlag von 867 mm lag 146 mm unter dem langjährigen Mittelwert von 1013 mm.

Am Regenmesser Jamtalferner Zunge wurden von 22.09.2010 bis 23.09.2011 ein Niederschlag von 1436 gemessen (im Vorjahr: 1482 mm (Tabelle 3)). 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.

	T °C	T °C	T °C	N mm	N mm	N mm
Monat	2010/2011	1951 – 2000	Δ	2010/2011	1951–2000	Δ
Oktober	2,7	3,9	-1,2	40	60	-20
November	-1,3	-1,7	0,4	65	64	1
Dezember	-6,4	-4,8	-1,6	39	62	-23
Januar	-5,5	-5,9	0,4	56	66	-10
Februar	-2,5	-5,4	2,9	16	57	-41
März	-0,3	-2,2	1,9	25	60	-35
April	5,2	1,3	3,9	27	54	-27
Winter	-1,2	-2,1	0,9	269	423	-154
Mai	8,7	6,3	2,4	123	81	42
Juni	11,1	9,5	1,6	118	123	-5
Juli	10,3	11,6	-1,3	137	147	-10
August	13,1	11,2	1,9	128	142	-14
September	9,9	8,2	1,7	93	97	-4
Sommer	10,6	9,4	1,2	599	590	9
hydrolog. Jahr	3,8	2,7	1,1	867	1013	-146

Tabelle 2: Klimadaten 2010/2011 an der Station Galtür der ZAMG in 1648 m Seehöhe. T...Temperatur, N...Niederschlag aus Handmessung (Quelle: Hydrographischer Dienst), Δ...Abweichung vom Mittel.

Abweichung der Klimawerte 2010/2011 an der Station Galtür vom langjährigen Mittel

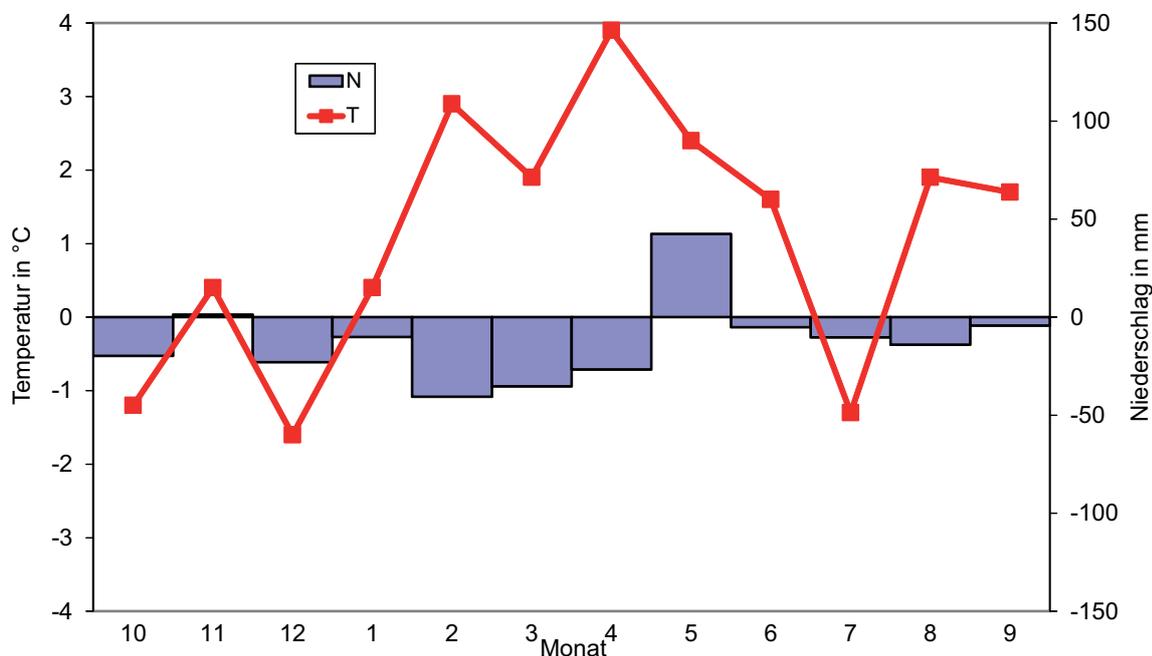


Abbildung 4: Abweichung der Klimawerte der Temperatur (T) und des Niederschlags (N) für das Jahr 2010/2011 an der Station Galtür vom langjährigen Mittel 1951-2000.

Zeitraum	Niederschlag in mm
22.09.2010-11.04.2011	555
11.04.2011-12.07.2011	410
12.07.2011-13.09.2011	391
13.09.2011-23.09.2011	80

Tabelle 3: Ablesungen des Regenmessers an der Zunge des Jamtalfeners.

## 4.1 Der Winter 2010/2011

Die Temperatur des Winters 2010/2011 (Oktober - April) lag mit  $-1,2^{\circ}\text{C}$  um  $-0,9^{\circ}\text{C}$  über dem Mittelwert 1951-2000 ( $-2,1^{\circ}\text{C}$ ). Deutlich zu warm waren die Monate Februar, März und April, wobei der April um  $3,9^{\circ}\text{C}$  über dem Mittel lag. Die Niederschlagsmenge lag mit 269 mm deutlich unter dem langjährigen Mittel von 423 mm. Bis auf den November zeigten alle Monate unterdurchschnittlichen Niederschlag. Besonders trocken war der Februar. Beim Regenmesser

Jamtalferner Zunge wurde im Zeitraum von 23.09.2010 bis 11.04.2011 ein Niederschlag von 555 mm gemessen (Winter 2008/2009: 703 mm; Winter 2009/2010: 547 mm).

## 4.2 Der Sommer 2011

Der Sommer 2011 war wärmer als das langjährigen Mittel der Jahre 1951-2000. Die Mitteltemperatur des Sommers 2011 (Mai bis September) betrug 10,6 °C und lag damit um 1,2°C über dem langjährigen Mittel. Mai, Juni, August und September lagen zwischen 1,6 °C (Juni) und 2,4 °C (Mai) über dem Mittel. Der Juli war um +1,3 °C zu kühl. Der Sommer 2011 war mit 599 mm Niederschlag nahe dem langjährigen Mittel von 590 mm. Beim Regenmesser Jamtalferner Zunge wurde im Zeitraum 11.04.2011 - 23.9.2011 eine Niederschlagssumme von 881 mm gemessen (2009: 665 mm, 2010: 935 mm).

Die geringmächtige Schneedecke begann im deutlich zu warmen März und April bereits abzubauen. Zur Frühjahrsbegehung, die in diesem Jahr auch früh durchgeführt wurde um das Maximum der Schneedecke zu erfassen, konnte man bereits ohne Schneeberührung auf die Jamtalhütte gehen. Die kühle Witterung im Juli, die auch einige Neuschneefälle brachte, stoppte kurzfristig die Ablation. Der wiederum deutlich zu warme Spätsommer führte aber aufgrund der geringen Altschneedecke zur völligen Ausaperung des Jamtalferners. Zum Ende des Haushaltsjahres lag zwar eine geringmächtige Schneedecke, die aber dann wieder bis in große Höhen ausaperte. Das Ende des natürlichen Haushaltsjahres wurde erst durch die Schneefälle Anfang Dezember herbeigeführt. In den Abbildungen 5 bis 7 ist der Rückgang der Schneebedeckung während des Sommers dargestellt. Zum Zeitpunkt der Herbstbegehung war der Gletscher mit Neuschnee bedeckt (Abbildung 8).

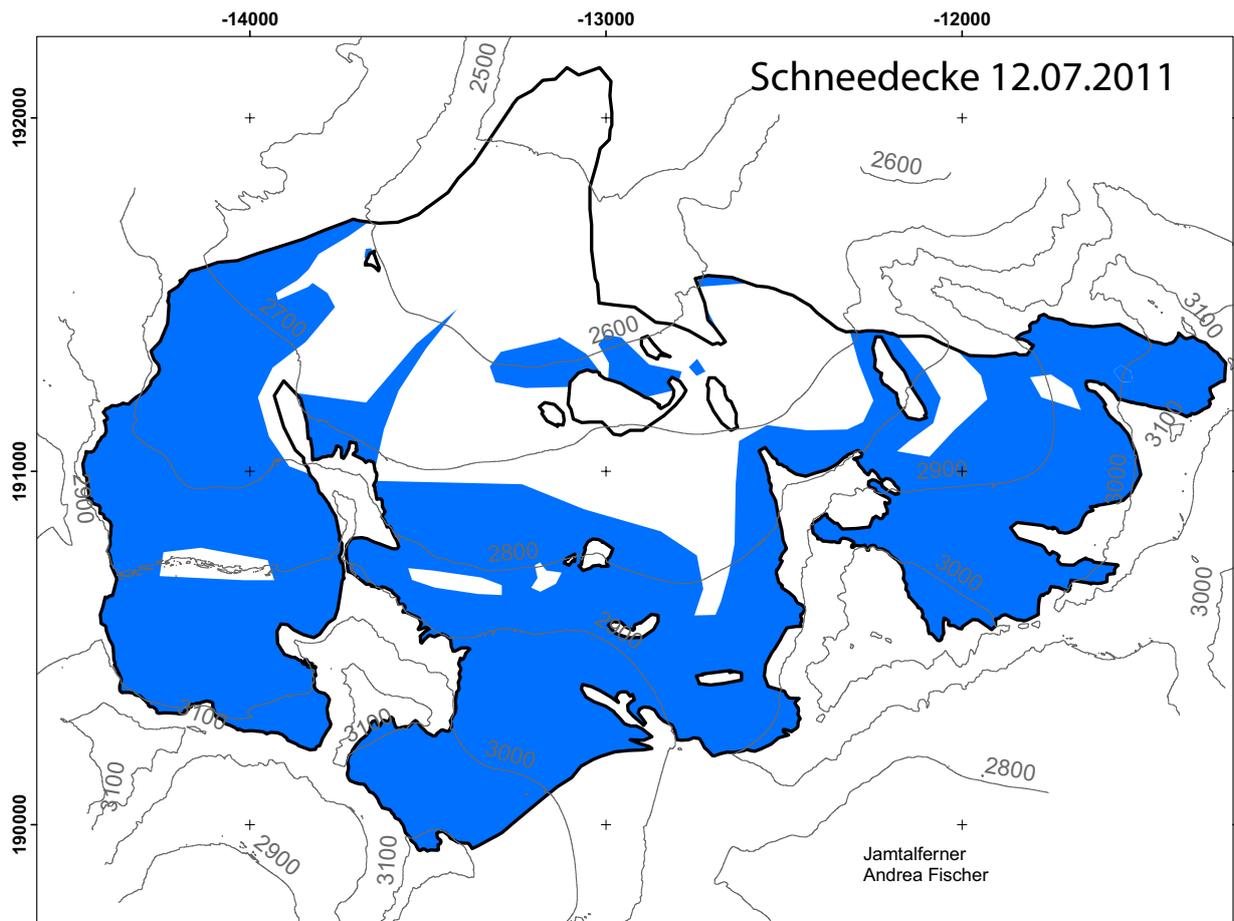


Abbildung 5: Schneebedeckung des Jamtalferners am 12.07.2011. Farbige Flächen sind Flächen mit Altschnee.

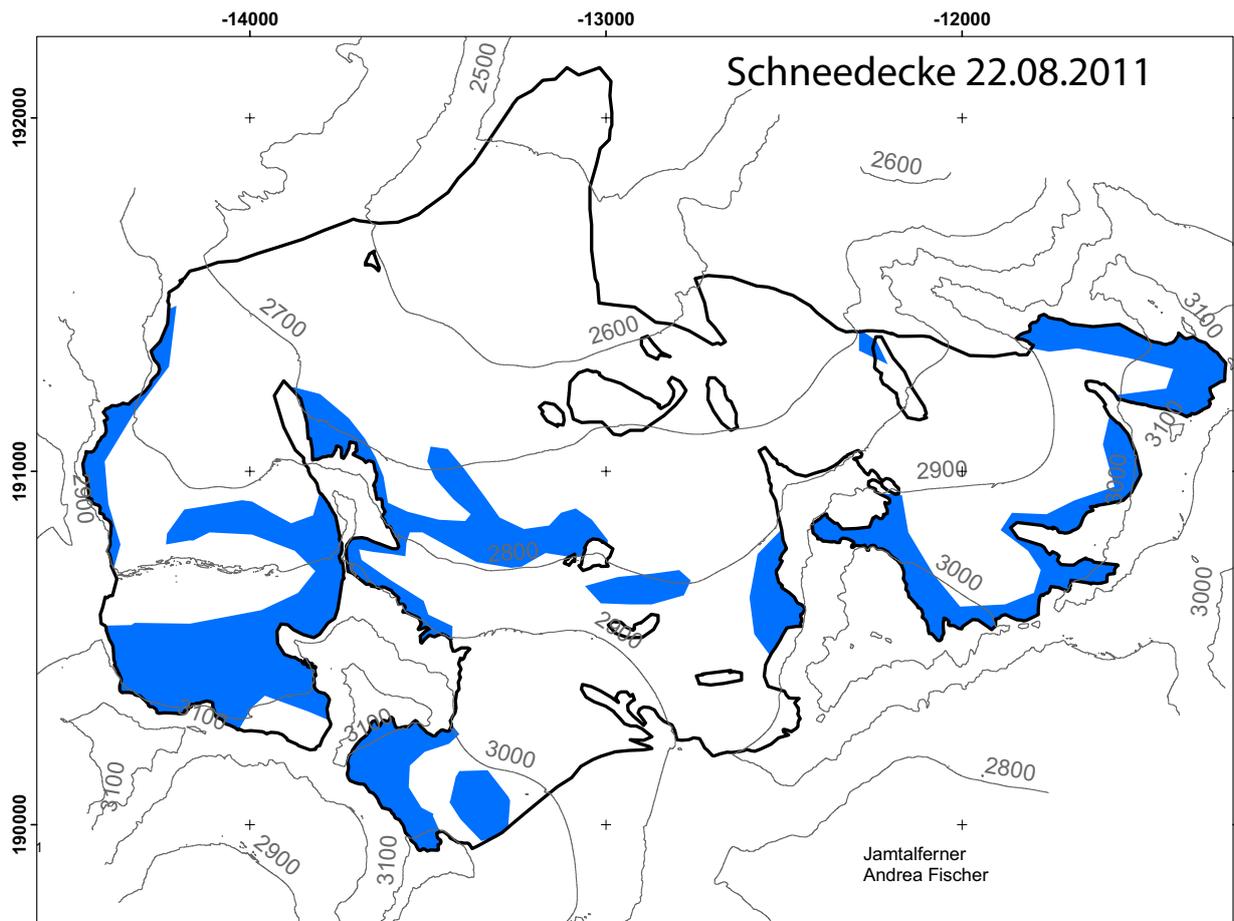


Abbildung 6: Schneebedeckung des Jamtalferners am 22.08.2011. Farbige Flächen sind Flächen mit Altschnee.

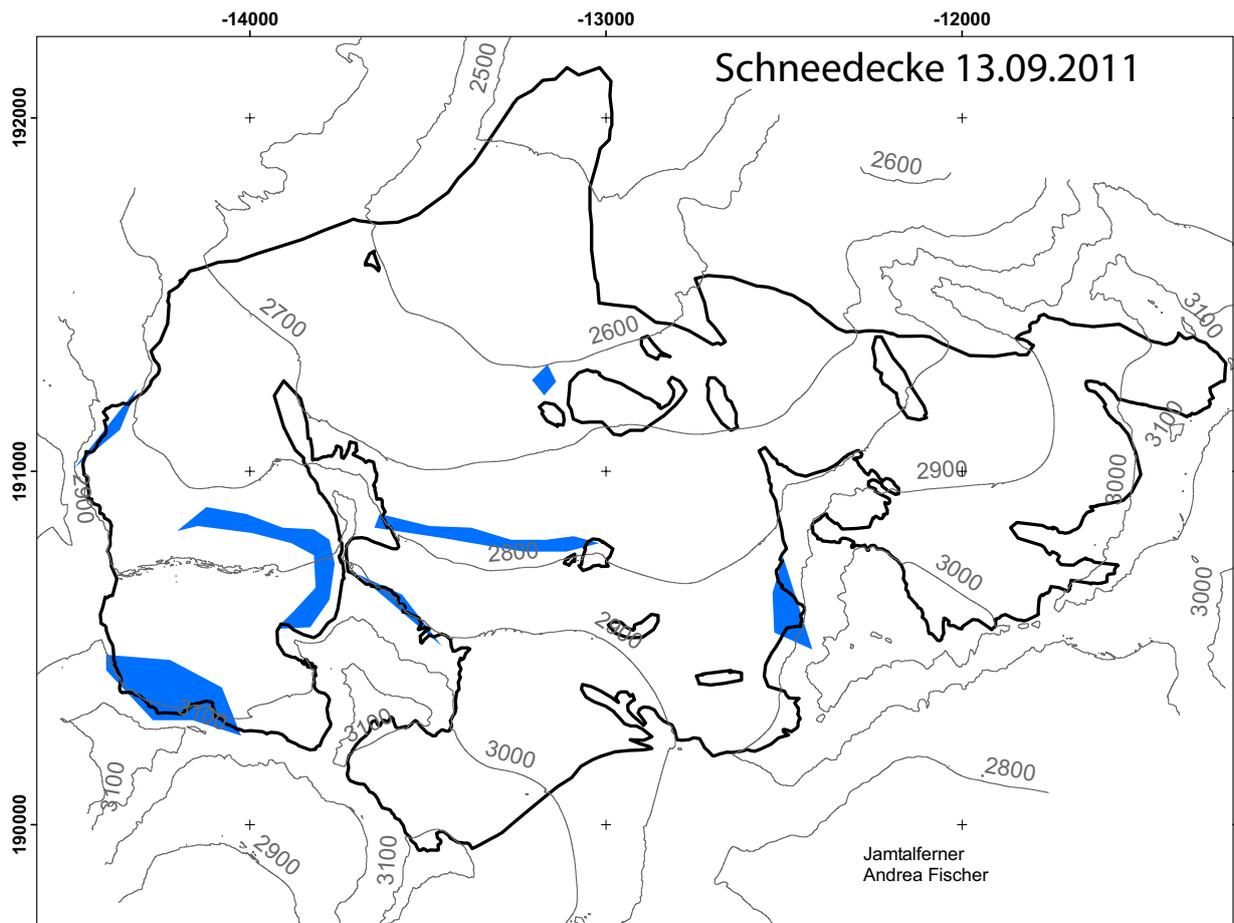


Abbildung 7: Schneebedeckung des Jamtalfjerner am 13.09.2011. Der Gletscher ist nicht von Altschnee, sondern Neuschnee bedeckt (blau).

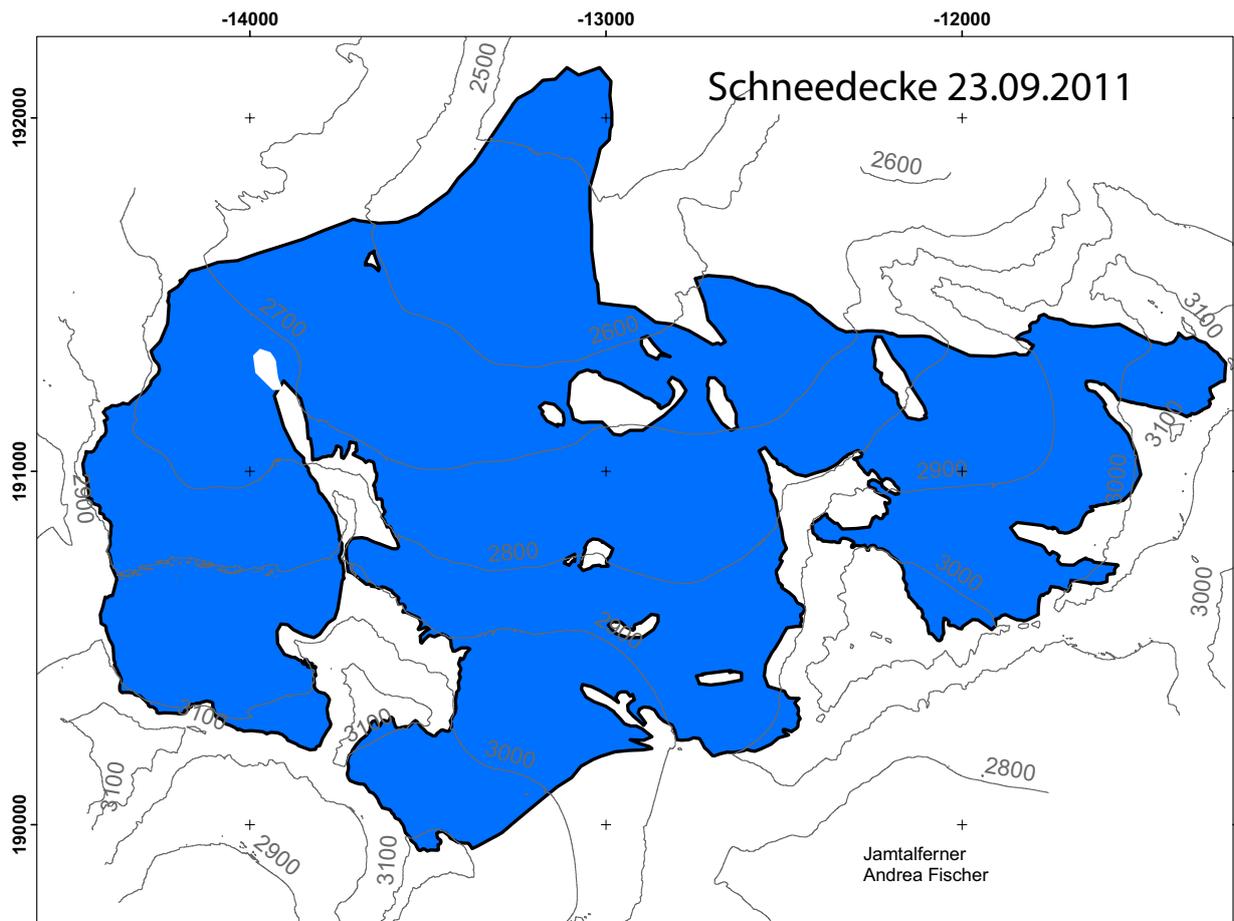


Abbildung 8: Schneebedeckung des Jamtalferners am 23.09.2011. Der Gletscher ist nicht von Altschnee, sondern Neuschnee bedeckt (blau).

## 5 Der Massenhaushalt des Jamtalferners 2010/2011

Die zur Bestimmung des Massenhaushalts nötigen Feldarbeiten und Kontrollmessungen wurden an den in Tabelle 4 angeführten Tagen durchgeführt.

22.-24.09.2010
12.07.2011
22.08.2011
13.09.2011
23.09.2011

Tabelle 4: Feldmessungen am Jamtalferner.

### 5.1 Die Winterbilanz des Jamtalferners 2010/2011

Am 11. und 12. 04. 2011 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 die Schneetiefe sondiert. Abbildung 9 gibt die Lage der Schächte und Sondierungen wieder, Tabelle 5 ihre Tiefe und Dichte sowie den Wasserwert.

Schacht	Höhe in m	Schneehöhe in cm	WW in mm	Dichte in $\text{gcm}^{-3}$
JSI	2810	1810	720	0,398
JSII	2942	3260	1351	0,414
JSIV	2743	2891	1150	0,398
JSVI	2744	2212	880	0,398
JSVII	2921	2360	908	0,385
JSXI	3022	2000	788	0,394
	Mittel	4360	966	0,398

Tabelle 5: Tiefe, Dichte und Wasserwerte der Schneeschächte von 11. und 12.04.2011 am Jamtalferner

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 einer mittleren spezifischen Winterbilanz von  $b_{wi} = 984 \text{mm w.e.}$  (Vorjahr:  $1305 \text{mm w.e.}$ ). Die Winterbilanz des Jamtalferners aufgeteilt nach Höhenstufen ist in Tabelle 6 zusammengefasst.

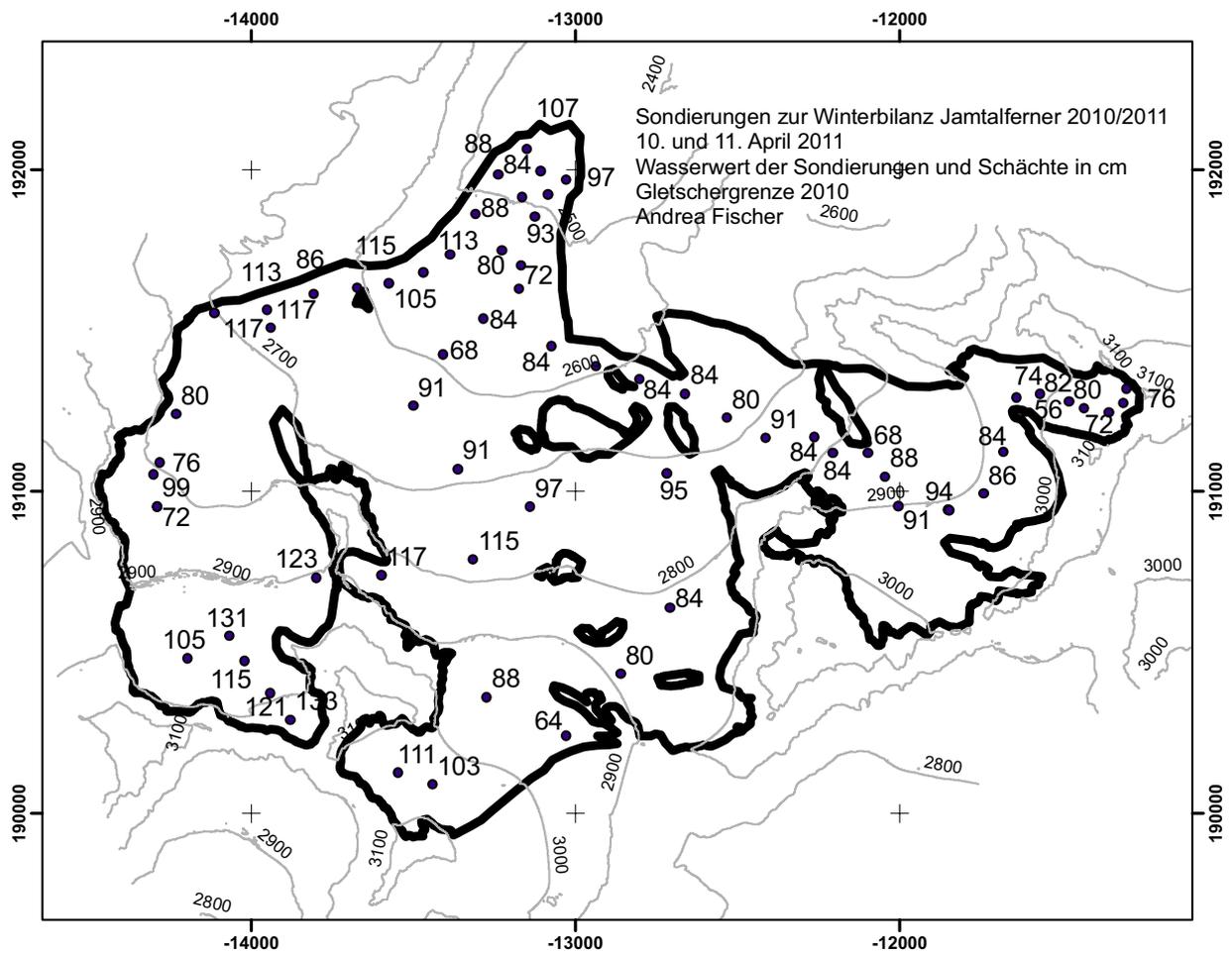


Abbildung 9: Lage der Schneeschächte (Quadrate) und Sondierungen (Punkte) mit Wasserwert der Schneedecke Ende April 2011.

Höhenstufe	Fläche	Anzahl Sondierungen	Schneehöhe	Wasserwert	Bilanz
m	m <sup>3</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 6: Winterbilanz 2010/2011.

## 5.2 Die Jahresbilanz des Jamtalferners 2010/2011

### 5.2.1 Messwerte

Die Ablationsbeträge des Haushaltsjahres 2010/11 an den Pegeln ist in der Tabelle 7 angeführt. Im Herbst 2011 waren an den Schächten keine Rücklagen vorhanden. Abbildung 10 zeigt den zeitlichen Verlauf der Ablation an ausgewählten Pegeln im Jahre 2011.

### Ablationsverlauf Jamtalferner 2010/2011

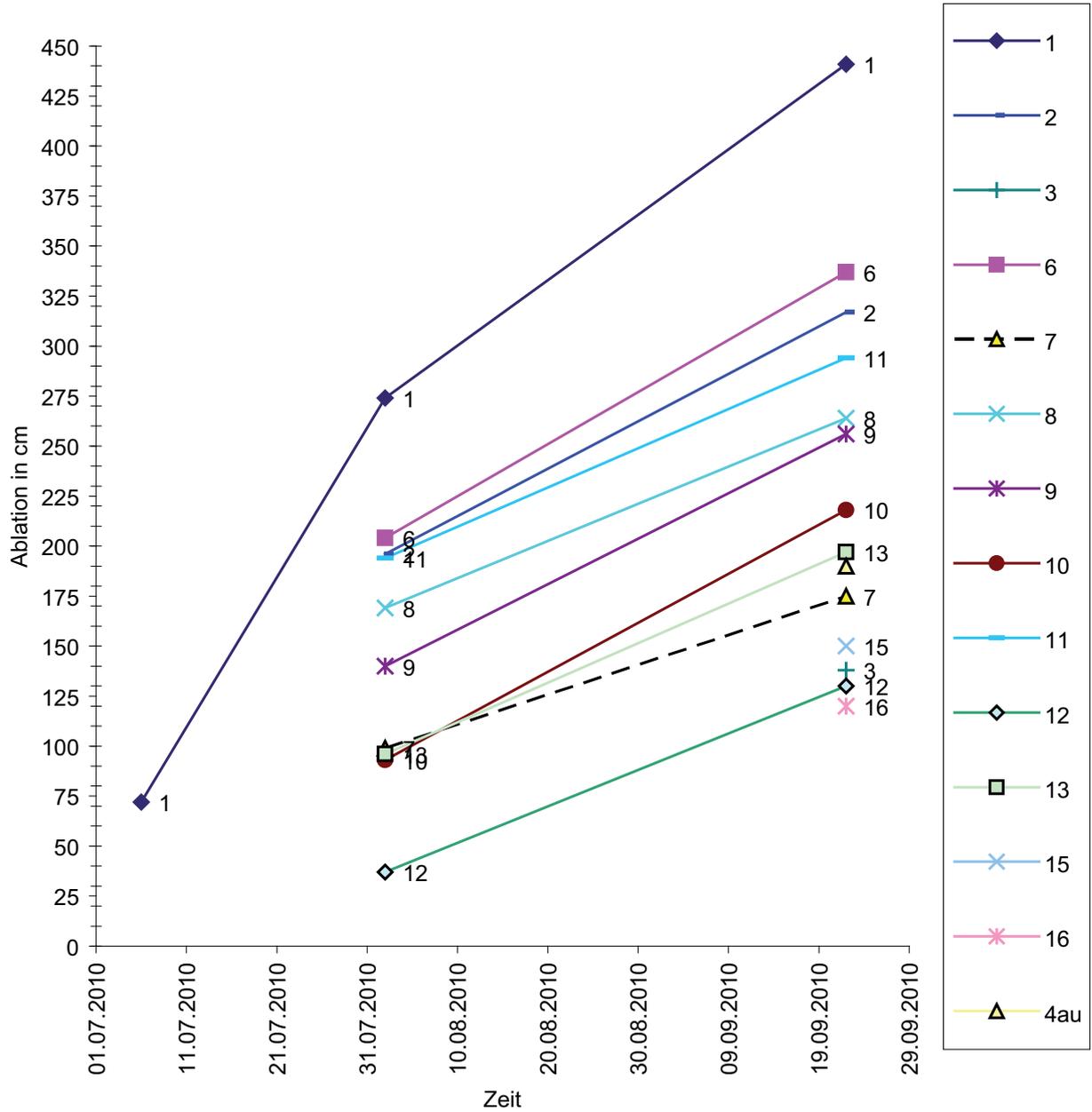


Abbildung 10: Zeitlicher Verlauf der Ablation 2011 in cm Eis an den Pegeln.

Pegel	WW in cm	Pegel	WW in cm
1	-468	11	-326
2	-356	12	-239
3	-237	13	-252
4a/4u	-290	15	-167
4n/4o	-206	16	-155
5	-383	17	-389
6	-386	18	-192
7	-284	19	-173
8	-274	20	-149
9	-329	21	-207
10	-293	23	-86

Tabelle 7: Wasserwerte der Ablation an den Pegeln am Jamtalferner vom 1. 10. 2010 bis 30.9.2011.

### 5.2.2 Auswertung

Aus den Messwerten an den Pegeln wurde die Massenbilanzkarte des Jamtalfernens interpoliert (Abbildung 11), die die Flächen gleicher Massenbilanz wiedergibt. Die für die einzelnen Höhenzonen aus dieser Karte berechneten Haushaltswerte sind in der Tabelle 8 zusammengefasst.

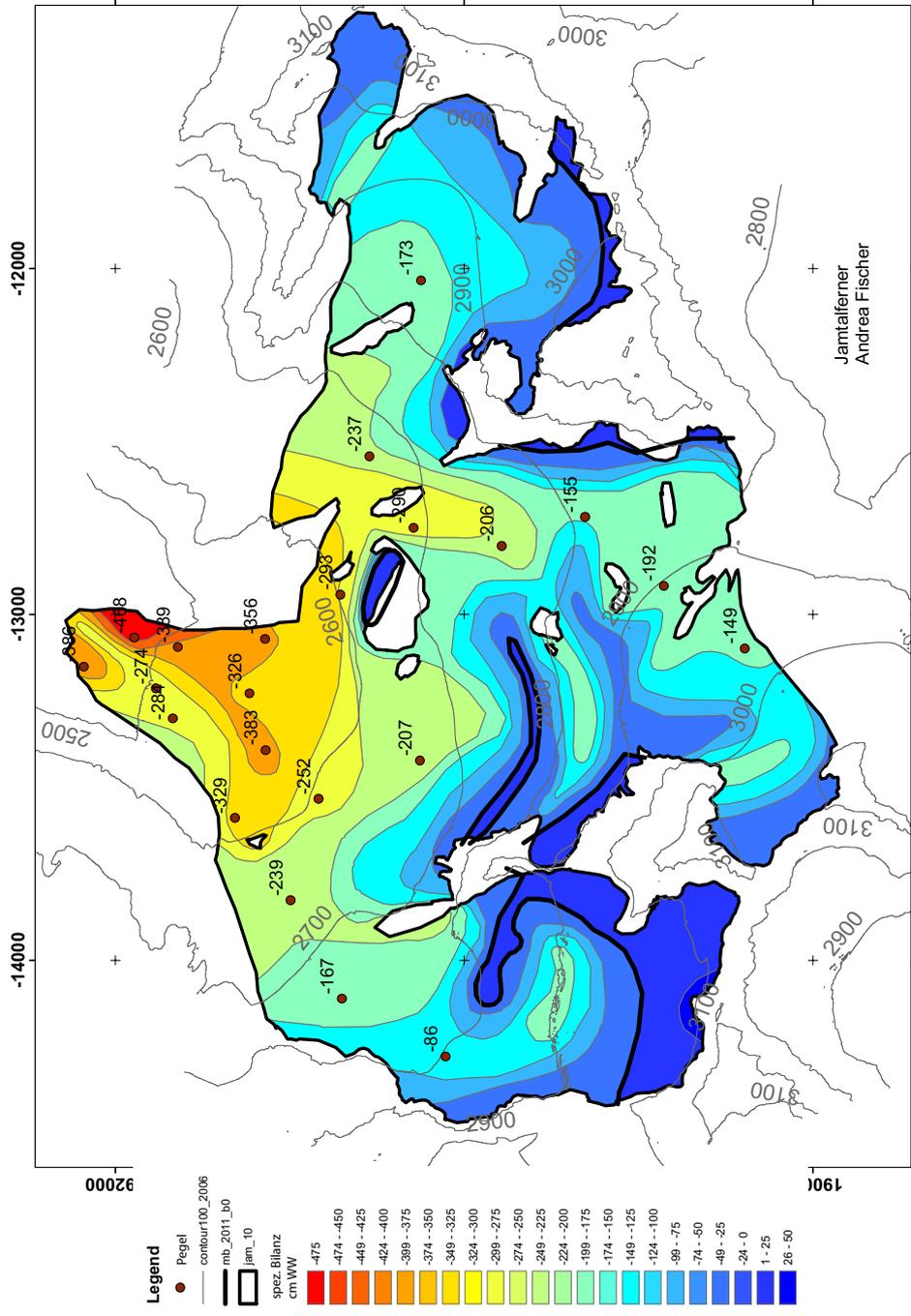


Abbildung 11: Isolinien des spezifischen Massenhaushaltes am Jamtalferner in cm Wasseräquivalent, gültig für den 30. 9. 2011.

Zone	Fläche	B	b	$b_S$	$b_W$
	$km^2$	$10^3 m^3$	mm w.e.	mm w.e.	mm w.e.
3100 - 3200	0,004	-1,2	-279	-1075	796
3000 - 3100	0,223	-118,0	-529	-1477	948
2900 - 3000	0,705	-470,2	-667	-1641	974
2800 - 2900	0,677	-714,7	-1055	-1908	853
2700 - 2800	0,666	-931,0	-1398	-2378	980
2600 - 2700	0,531	-1127,9	-2125	-3086	961
2500 - 2600	0,302	-962,0	-3190	-4128	938
2400 - 2500	0,063	-222,1	-3518	-4430	912

Tabelle 8: Die spezifische Massenbilanz am Jamtalferner 2010/11 nach Höhenstufen und Jahreszeiten. Die spezifischen Bilanzen sind als Wasseräquivalent angegeben: 1mm entspricht  $1 kg m^{-2}$ . Flächen nach neuer Karte 2011.

### 5.2.3 Ergebnisse

Die spezifische Massenbilanz des Haushaltsjahres 2010/11 liegt mit -1434 mm w.e. deutlich unter dem Mittel der bisher gemessenen Jahre. Die Gleichgewichtslinie lag über dem Gipfelniveau. Die Felsfenster sind weiter ausgeapert, im Bereich des Pegels 10 ist das Eis weitgehend zerfallen (Fotos im Anhang). Die langjährigen Mittel und die bisher gemessenen Jahreswerte der Kennzahlen der Massenbilanz sind in Tabelle 10 angeführt.

$S_c =$	0.28	$km^2$
$B_c =$	0.037	$10^3 m^3$
$b_c =$	131	mm
$S_a =$	2.891	$km^2$
$B_a =$	-4.584	$10^3 m^3$
$b_a =$	-1586	mm
S=	3.171	$km^2$
B=	-4.547	$10^3 m^3$
b=	-1434	mm
$S_c/S =$	0.088	
ELA=	>3200	m

Tabelle 9: Kennzahlen der Massenbilanz 2010/11 des Jamtalfernens

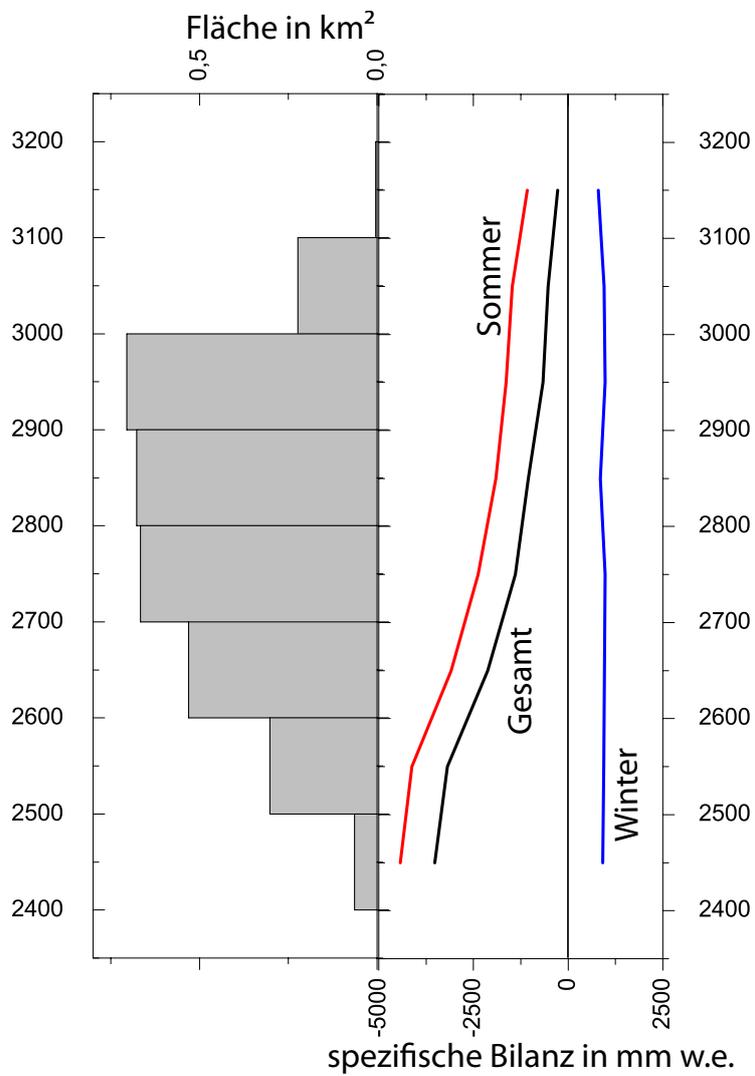


Abbildung 12: Die Verteilung der Flächen des Jamtalferners (Balken) und der Flächenmittel der spezifischen Jahresbilanz  $b$  (1.10.10 - 30.9.11, schwarze Linie), der Winterbilanz  $b_{wi}$  (1.10.10 - 30.4.11, blaue Linie) und der Sommerbilanz  $b_{so}$  (1.5. - 30.9.10, rote Linie) für 100-m-Höhenstufen.

Jahr	S	B	b	$b_s$	$b_{wi}$	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
2010/11	3,17	-4,55	-1434	-2374	940	****	0,088
Mittel	3,62	-2,87	-808	-2018	1204	2872	0.260

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. 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 13: Bild des zerstörten Pegels 10 (Foto vom 22.08.2011).



Abbildung 14: Panoramaaufnahmen vom 12.07.2011.



Abbildung 15: Panorama vom 12.07.2011.



Abbildung 16: Panoramaaufnahmen vom 22.08.2011. Schwarze Linie... eisfrei werdender Bereich um Pegel 10.



Abbildung 17: Panoramafotos vom 13.09.2011.

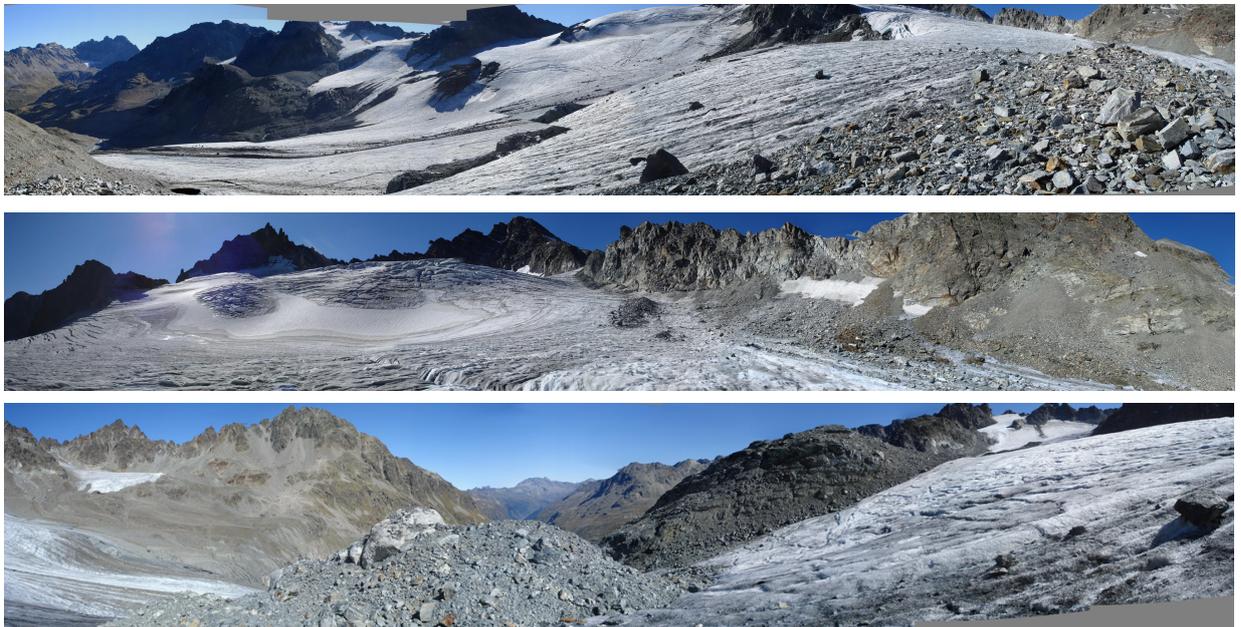


Abbildung 18: Panoramafotos vom 13.09.2011.



Abbildung 19: Panoramafotos vom 13.09.2011).



Abbildung 20: Panorama der Gletscherzunge des Jamtalferners vom 24.09.2011.



## 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.