

HINTEREIS- UND KESSELWANDFERNER

MASSENHAUSHALT 2011/2012

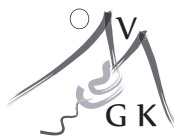


Jahresbericht
des Vereines Gletscher-Klima

PD.DR. ANDREA FISCHER

05 2013

Verein Gletscher - Klima



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

Tel.: +43(0)5125084251

Fax.: +43(0)5125084205

Der vorliegende Bericht ist eine Zusammenfassung der Feldarbeiten und Auswertungsergebnisse aus dem hydrologischen Jahr 2011/2012.

Inhaltsverzeichnis

1	Das Untersuchungsgebiet	2
2	Methoden	4
2.1	Massenhaushalt	4
2.2	Klima	7
3	Witterungsverlauf 2011/2012	8
3.1	Der Winter 2011/2012	12
3.2	Der Sommer 2012	12
4	Totalisatoren Rofental	12
5	Der Massenhaushalt des Hintereisferners 2011/2012	14
5.1	Die Winterbilanz des Hintereisferners 2011/2012	14
5.2	Die Jahresbilanz des Hintereisferners 2011/2012	18
5.2.1	Messwerte	18
5.2.2	Auswertung	20
5.2.3	Endergebnis	23
6	Der Massenhaushalt des Kesselwandferners 2011/2012	25
6.1	Messwerte	25
6.2	Auswertung	25
6.3	Endergebnis	28
7	Team	30
8	Anhang	31

1 Das Untersuchungsgebiet

Der Hintereisferner und der Kesselwandferner entwässern über die Rofenache in die Venter Ache im Einzugsgebiet des Inn (Abb. 1). Weitere topographische Daten sind in Tabelle 1 angeführt. Abbildung 2 zeigt ein Orthofoto des Untersuchungsgebietes. Beide Gletscher, Hintereisferner und Kesselwandferner, werden schon seit vielen Jahrzehnten glaziologisch untersucht. Die Massenbilanzreihen von Hintereisferner und Kesselwandferner zählen zu den längsten weltweit.

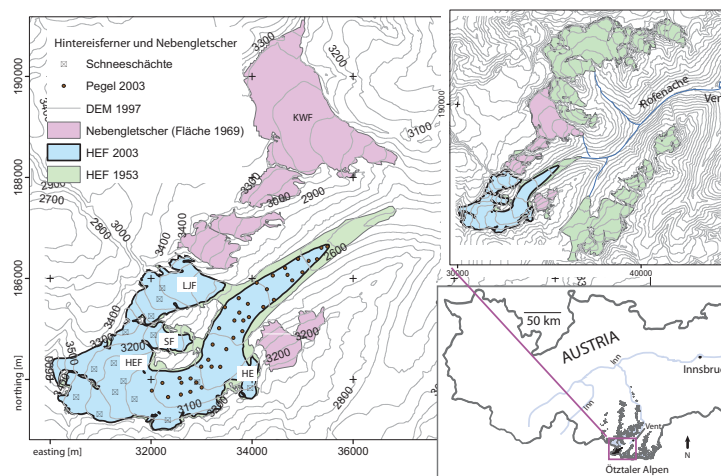


Abbildung 1: Untersuchungsgebiete Kesselwandferner und Hintereisferner im Einzugsgebiet der Rofenache, Ötztaler Alpen, Tirol, Österreich. HE...im Hinteren Eis, HEF...Hintereisferner, KWF...Kesselwandferner, LJF...Langtaufererjochferner, SF...Stationsferner.

		Hintereisferner	Kesselwandferner	
Fläche im Jahr	1969	9,01	3,94	km ²
	1997	8,70	4,26	km ²
	2007	7,21	3,82	km ²
Höchster Punkt	2010	3710	3497	m
Tiefster Punkt	2010	2505	2790	m

Tabelle 1: Topographische Kennzahlen des Hintereis- und Kesselwandfernens.

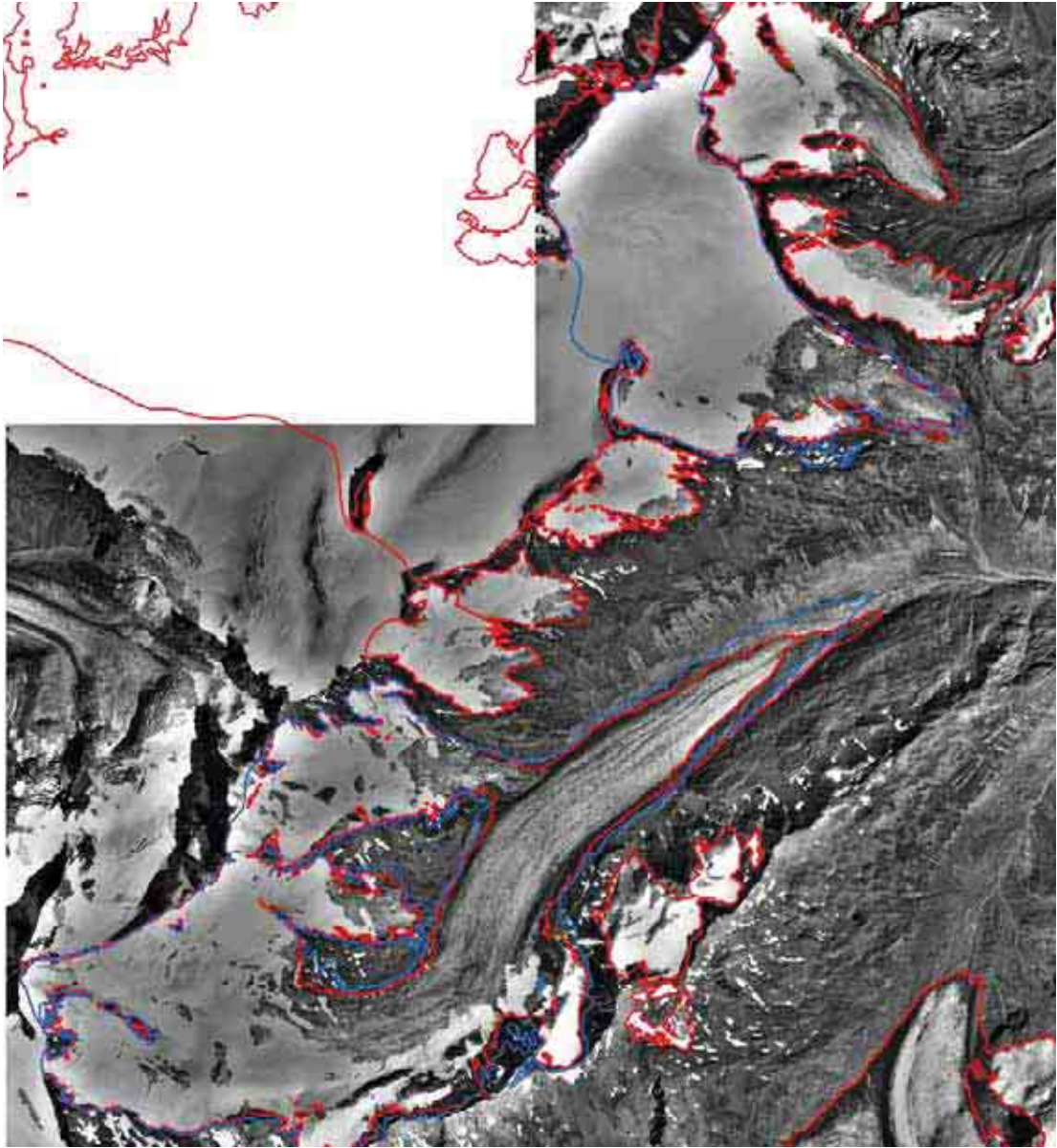


Abbildung 2: Orthofoto 1997 mit Gletschergrenzen 1969 in blau und Gletschergrenzen 1997 in rot (mit Toteis) aus dem Österreichischen Gletscherinventar 1998 (Lambrecht und Kuhn, 2007).

2 Methoden

2.1 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 Hintereisferner und Kesselwandferner sind in den Abbildungen 3 und 4 dargestellt. Die Messung des Massenhaushaltes wird wie von 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_s als Differenz zwischen spezifischer Massenbilanz b und spezifischer Winterbilanz b_{wi} berechnet.

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

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

$$B_s = b_s \cdot S \quad (8)$$

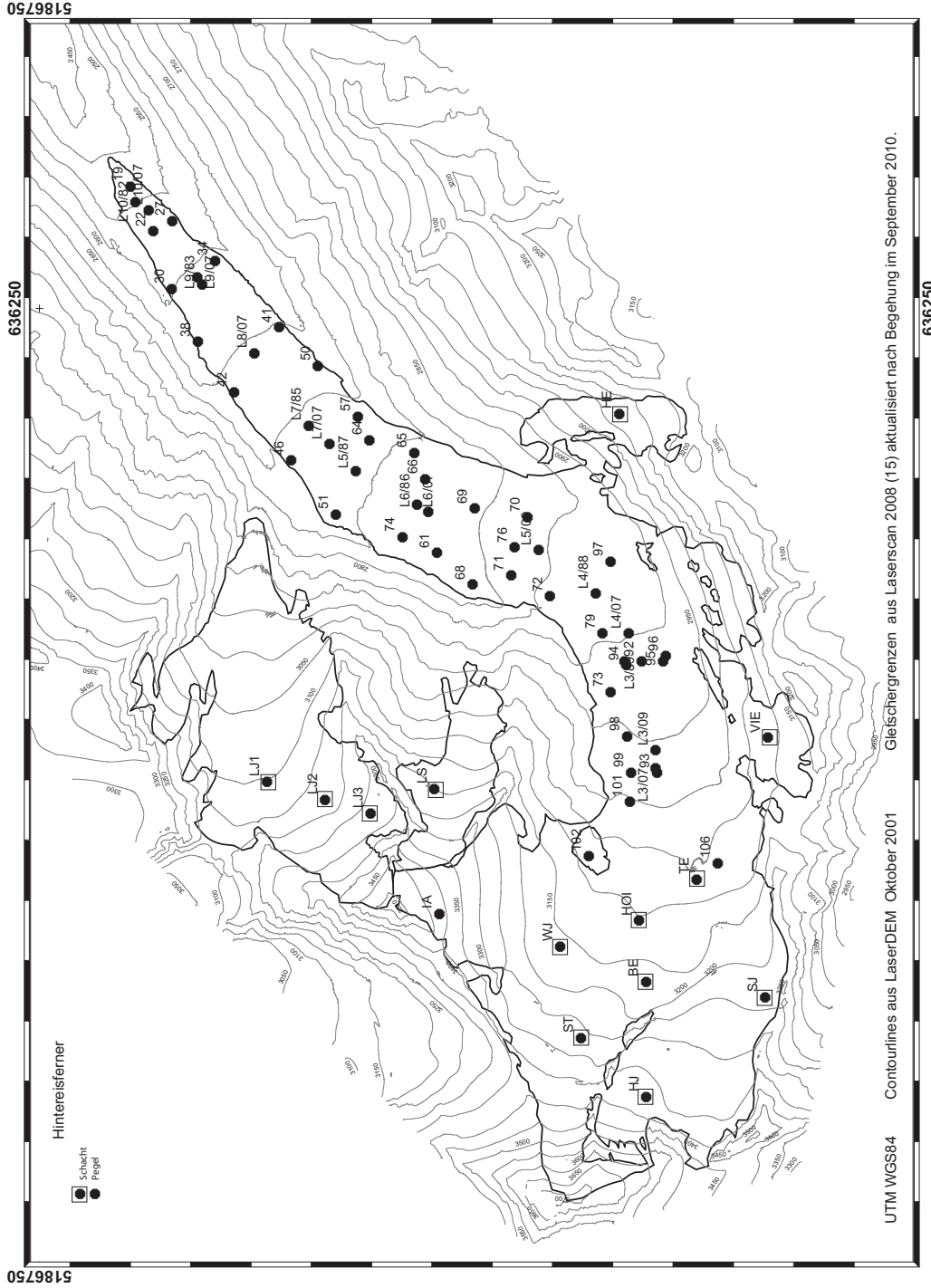


Abbildung 3: Messstellen am Hinterreisferner im Haushaltsjahr 2011/12.

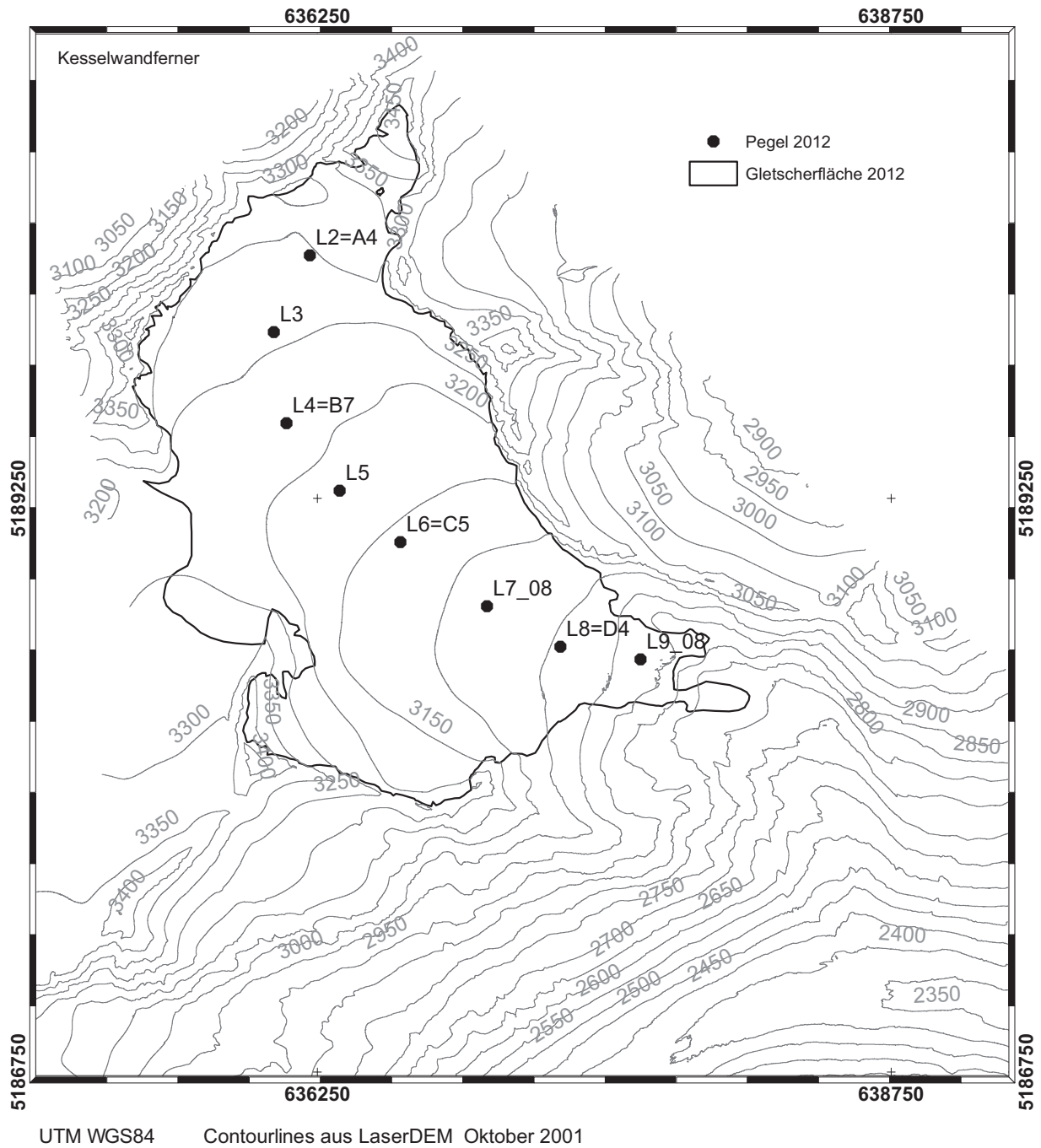


Abbildung 4: Messstellen am Kesselwandferner im Haushaltsjahr 2011/12.

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

2.2 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 Vent (1906 m).

3 Witterungsverlauf 2011/2012

Die Mitteltemperatur von 3,0 °C des hydrologischen Jahres 01.10.2011 - 30.09.2012 lag 1,4 °C über dem Mittel 1906 - 2005. Das vorige hydrologische Jahr lag mit 1,2 °C ähnlich weit über dem Mittel. Der Niederschlag von 901 mm im Jahr 2011/2012 lag um 224 mm, also mehr als 30 % über dem langjährigen Mittelwert von 677 mm. Die Temperatur- und Niederschlagsdaten der Station Vent sind in Tabelle 2 zusammengefasst, die Abweichungen vom langjährigen Mittel sind zusätzlich in Abbildung 5 dargestellt. Abbildungen 6 und 7 zeigen die Abweichung des Monatsniederschlags und des Monatsmittels der Temperatur vom Mittel 1971-2000 für ganz Österreich (Quelle: zamg.ac.at).

Monat	Temperatur			Niederschlag		
	2011/12 °C	1906-2005 °C	Δ °C	2011/12 mm	1906-2005 mm	Δ mm
Oktober	2,9	3,1	-0,2	104	52	52
November	1,1	-2,3	3,4	7	50	-43
Dezember	-4,1	-5,5	1,4	97	40	57
Januar	-5,7	-6,7	1,0	92	38	54
Februar	-10,1	-6,1	-4,0	30	35	-5
März	0,0	-3,2	3,2	39	38	1
April	1,3	0,2	1,1	91	43	48
Winter	-2,1	-2,9	0,8	460	296	164
Mai	6,5	4,9	1,6	40	62	-22
Juni	11,4	8,1	3,3	100	79	21
Juli	11,9	9,9	2	125	87	38
August	12,7	9,5	3,2	116	91	25
September	7,9	6,9	1	60	62	-2
Sommer	10,1	7,9	2,2	441	381	60
Jahr	3,0	1,6	1,4	901	677	224

Tabelle 2: Klimadaten 2011/2012 an der Station Vent. Δ ... Abweichung des Haushaltsjahres vom langjährigen Mittel 1906-2005.

Abweichung des Jahres 2011/2012 vom langjährigen Mittel 1906-2005 der Station Vent

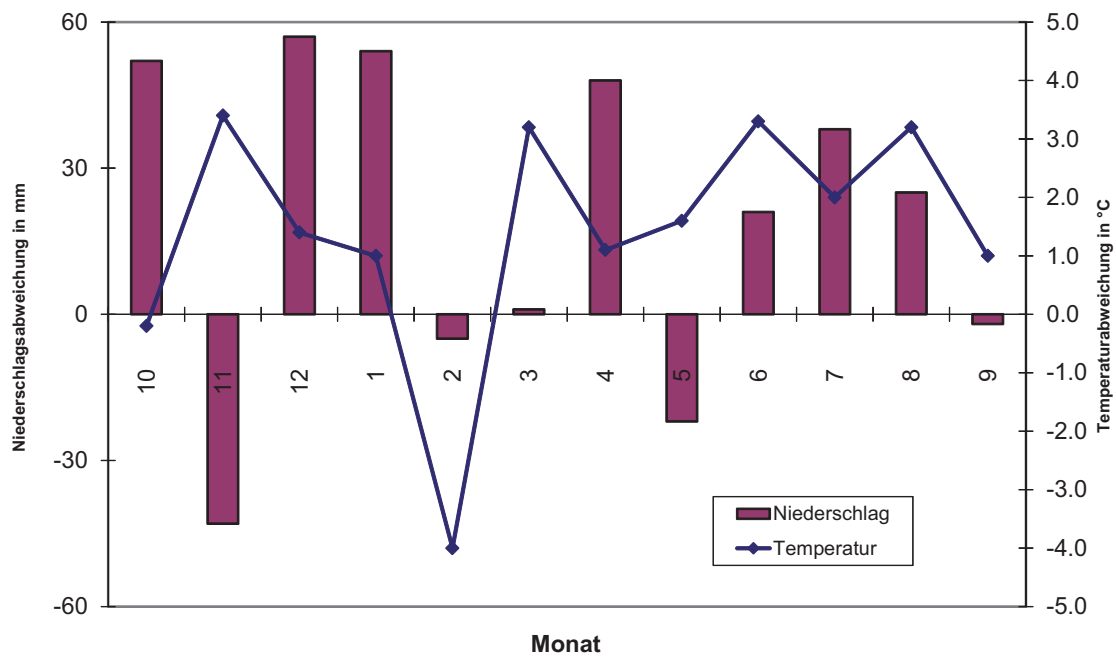


Abbildung 5: Abweichung der Klimawerte der Temperatur und des Niederschlags für das Jahr 2011/2012 an der Station Vent vom langjährigen Mittel 1906-2005.

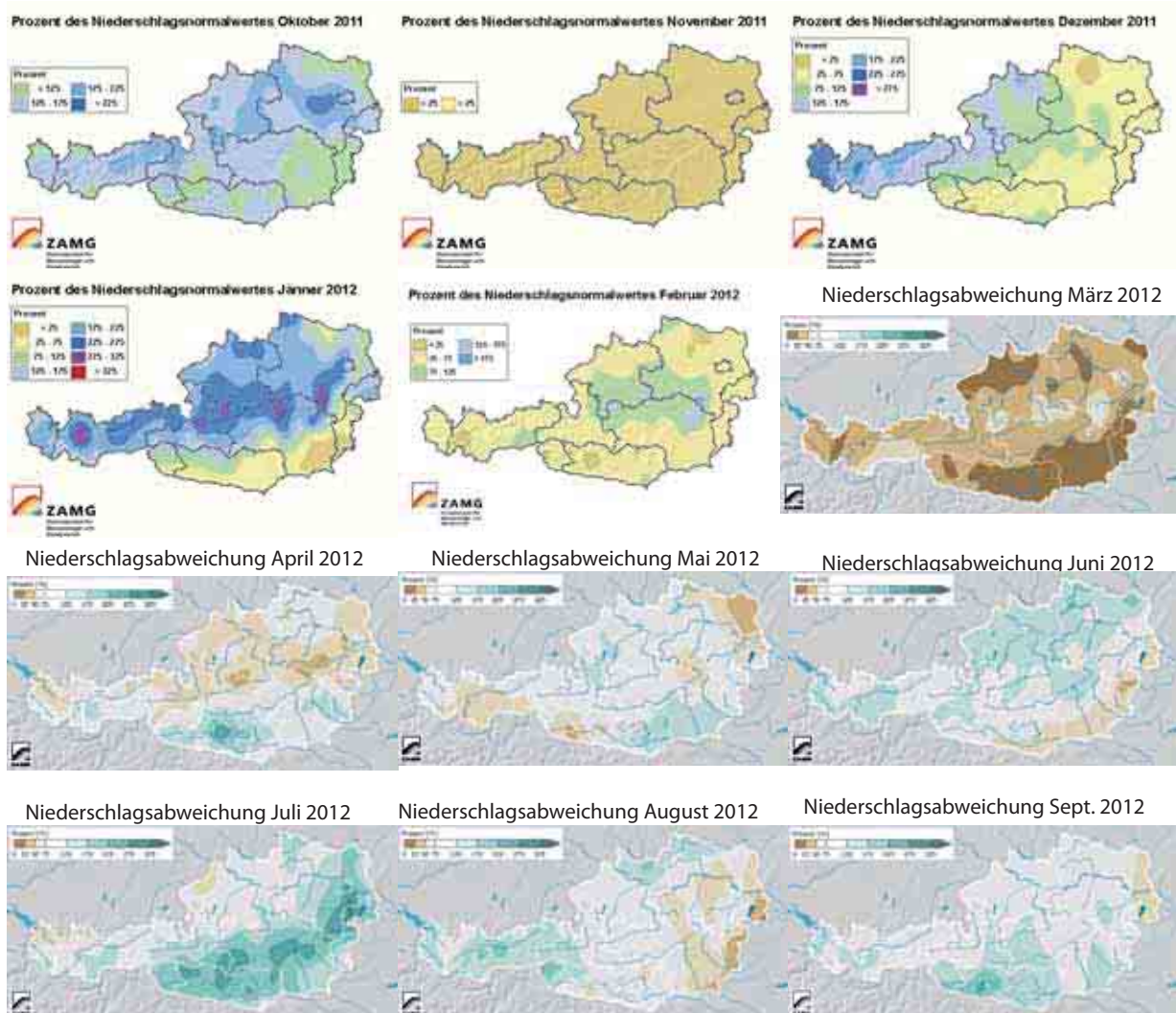


Abbildung 6: Übersicht der Abweichungen vom langjährigen Mittel 1971-2000 der Monatssumme des Niederschlages. Die Abbildungen werden von der ZAMG unter www.zamg.ac.at zur Verfügung gestellt.

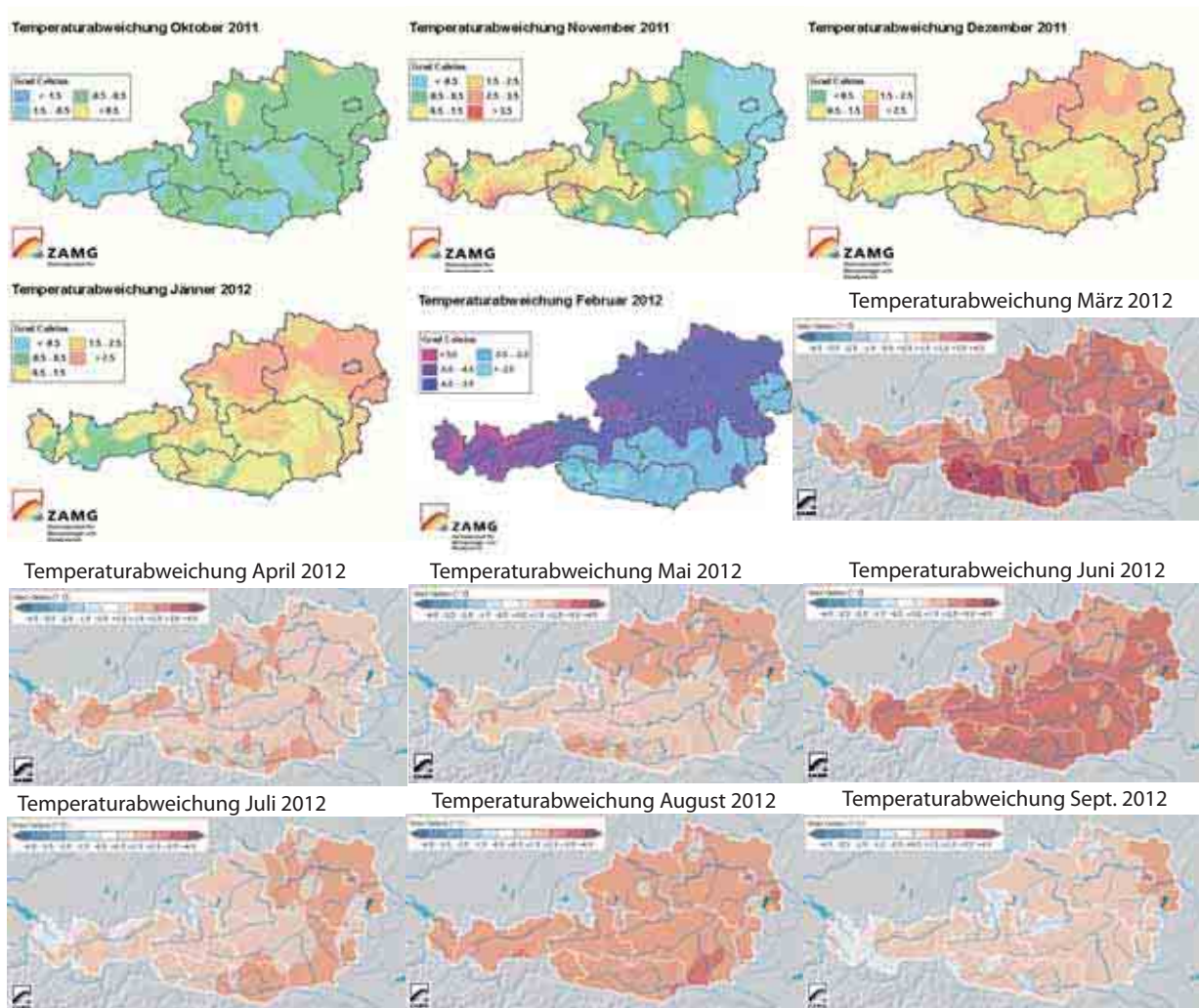


Abbildung 7: Übersicht der Abweichungen vom langjährigen Mittel 1971-2000 der mittleren Monatstemperatur. Die Abbildungen werden von der ZAMG unter www.zamg.ac.at zur Verfügung gestellt.

3.1 Der Winter 2011/2012

Wie in Tabelle 2 angeführt, lag die Temperatur des Winters 2011/2012 (Oktober - April) mit $-2,1\text{ °C}$ um $0,8\text{ °C}$ über dem Mittelwert 1906-2005 ($-2,9\text{ °C}$). Auffallend warm und niederschlagsarm war der November 2011. Dieser Monat war um $3,4\text{ °C}$ zu warm bei einem Monatsniederschlag von nur 7 mm. Deutlich zu warm war auch der März 2012, in dem die Temperaturabweichung $3,2\text{ °C}$ betrug. Viel zu kühl war nur der Februar mit einer Abweichung von $-4,0\text{ °C}$, der Oktober entsprach dem langjährigen Schnitt und alle anderen Monate waren zwischen $1,0$ und $1,4\text{ °C}$ zu warm. Die Niederschlagsmenge lag mit 460 mm um 164 mm oder 25% über dem langjährigen Mittelwert 1906-2005 von 296 mm. Deutlich positive Abweichungen zeigten Oktober, Dezember, Jänner und April.

3.2 Der Sommer 2012

Der Sommer 2012 war gegenüber dem langjährigen Mittel von 1906-2005 wie schon das vorige Haushaltsjahr zu warm und zu feucht. Die Mitteltemperatur des Sommers 2011 (Mai bis September) betrug $10,1\text{ °C}$ und war um $2,2\text{ °C}$ wärmer als im langjährigen Mittel ($7,9\text{ °C}$). Alle Sommermonate waren deutlich zu warm. Abweichungen über 3 °C traten im Juni und August auf. Der Sommer 2012 war mit 441 mm Niederschlag feuchter als das langjährige Mittel von 381 mm. Von Juni bis August fiel ein Drittel mehr Niederschlag als im langjährigen Mittel, der Mai war zu trocken.

4 Totalisatoren Rofental

Die Koordinaten der Totalisatoren Rofental sind in Tabelle 3 angeführt, die Ergebnisse der Ablesungen im Haushaltsjahr 2011/2012 in Tabelle 4. In diesem Kapitel wird als Ende des Winterhalbjahres der 31.03. geführt, da es zum 1. Mai keine Ablesung gibt.

			Höhe
Hochjochhospiz	46° 49' 25"	10° 49' 31"	2360 m
Hintereisferner	46° 47' 51"	10° 45' 40"	2889 m
Latschbloder	46° 47' 56"	10° 48' 09"	2970 m
Rofenberg	46° 47' 31"	10° 47' 36"	2827 m
Proviantdepot	46° 49' 49"	10° 49' 25"	2737 m
Vernagtbrücke	46° 51' 22"	10° 49' 43"	2640 m

Tabelle 3: Koordinaten Regenmesser Rofental

Messstelle	Vent N-Waage	Vent	Hochjochhospiz	Vernagtbrücke	Proviantdepot	Rofenberg	Latschbloder	Hintereisferner
Jahr								
01.10.2011- 30.09.2012	892,8	911	857	987	964	1265	1099	1471
Verhältnis zu Vent		1,02	0,96	1,11	1,08	1,42	1,23	1,65
Winter								
01.10.2011 - 31.03.2012	361,9	348	290	379	332	498	336	533
Verhältnis zu Vent		0,96	0,80	1,05	0,92	1,38	0,93	1,47
Sommer								
01.04.2012- 30.09.2012	530,9	562	567	608	631	768	763	940
Verhältnis zu Vent		1,06	1,07	1,15	1,19	1,45	1,44	1,77

Tabelle 4: Niederschlagsmessungen mit Totalisatoren im Einzugsgebiet des Pegels Rofenache in mm für das Jahr 2011/2012

5 Der Massenhaushalt des Hintereisferners 2011/2012

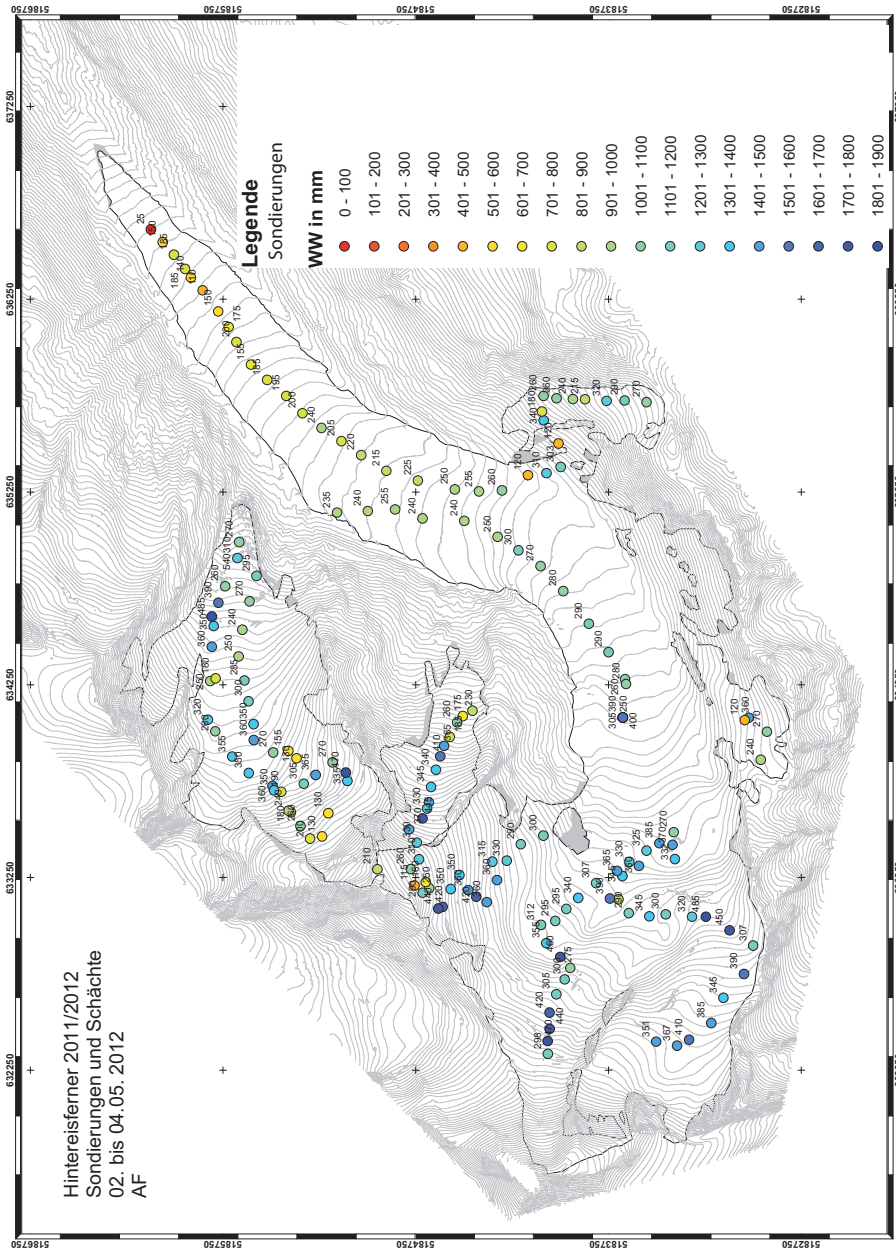
Die Schneemenge des Winters 2011/12 war durchschnittlich, und wie schon in den letzten Jahren war der Frühsommer warm und der Abbau der Schneedecke begann früh. Durch den späten Beginn der Akkumulation mit den Schneefällen im Dezember wurde der kalte Schnee stark verfrachtet. Im August aperte der Gletscher rasch in große Höhen aus. Anfang Oktober war der Hintereisferner schneebedeckt. Die zur Bestimmung des Massenhaushaltes nötigen Feldarbeiten und Kontrollmessungen wurden an den in Tabelle 5 angeführten Tagen durchgeführt. Das Hintere Eis ist im Haushaltsjahr 2011/2012 abgerissen, der Felsen an der Langtaufererjochspitze weiter ausgeapert. An der orographisch rechten Gletscherseite gegenüber der Station Hintereisferner ist das Eis an den Flanken nur mehr an wenigen Stellen mit dem Hauptgletscher verbunden.

04.10.2011			
28.03.2012	05:30	29.03.2012	16:00
02.05.2012	06:00	04.05.2012	20:00
29.05.2012	06:00	30.05.2012	20:00
04.07.2012	06:00	04.07.2012	22:00
30.07.2012	07:00	31.07.2012	16:00
07.08.2012	07:00	08.08.2012	20:00
10.09.2012	06:00	11.09.2012	20:00
04.10.2012	07:00	05.10.2012	20:00
09.10.2012	06:00	10.10.2012	16:00

Tabelle 5: Feldmessungen am Hintereisferner 2011/2012.

5.1 Die Winterbilanz des Hintereisferners 2011/2012

Von 02. bis 04.05.2012 wurde die Frühjahrsbegehung zur Bestimmung der winterlichen Schneerücklage durchgeführt. Insgesamt wurden vier Schächte in den Firnbecken bis zur Gletscheroberfläche des vergangenen Herbstes gegraben. Zwischen den Schächten und im Zungenbereich des Gletschers wurde die Schneetiefe sondiert. Abbildung 8 gibt die Lage der Schächte und Sondierungen wieder, Tabellen 6 ihre Tiefe und Dichte sowie den Wasserwert der Schächte. Die Summe dieser Werte über die Höhenstufen (Tabelle 7) ergibt einen Wasserwert von $B_{wi} = 7,617 \cdot 10^6 m^3$ für die gesamte Winterbilanz. Das entspricht umgerechnet auf die Fläche einer mittleren spezifischen Winterbilanz von $b_{wi} = 1073 \text{ mm w.e.}$



Hinterzeiter 2011/2012
Sondierungen und Schächte
02. bis 04.05.2012
AF

Abbildung 8: Messwerte der Winterbilanz mit Höhe der Schneedecke in cm und farbcodiert dem Wasserwert in mm WW.

Schacht	Schneehöhe in cm	Dichte in gcm^{-3}	WW in mm
HOI	246	0,359	884
TE	332	0,398	1318
HJ	312	0,382	1191
WJ	351	0,420	1475

Tabelle 6: Tiefe, Dichte und Wasserwerte der Schneeschächte vom 02. und 03.05.2012 am Hintereisferner

H m	A m^2	N	h cm	b_{wi} mm WW	B_{wi} m^3 WW
3750 - 3700	4846	0	100	390	1888
3700 - 3650	22800	0	100	390	8881
3650 - 3600	28210	0	100	390	10988
3600 - 3550	19149	1	210	818	15664
3550 - 3500	21490	3	195	760	16325
3500 - 3450	80632	6	231	900	72529
3450 - 3400	129083	11	324	1274	164475
3400 - 3350	257814	19	361	1414	364536
3350 - 3300	386625	24	346	1349	521557
3300 - 3250	421326	23	324	1264	532739
3250 - 3200	463618	32	311	1210	560804
3200 - 3150	590119	44	302	1176	693792
3150 - 3100	688457	36	296	1152	793064
3100 - 3050	686953	20	302	1177	808853
3050 - 3000	513838	20	307	1196	614705
3000 - 2950	456769	21	301	1175	536529
2950 - 2900	467589	14	282	1099	513847
2900 - 2850	438295	12	252	982	430260
2850 - 2800	235049	13	237	923	217005
2800 - 2750	395106	11	213	831	328226
2750 - 2700	269936	7	180	701	189341
2700 - 2650	204790	9	147	572	117071
2650 - 2600	184116	6	133	517	95096
2600 - 2550	99718	0	20	78	7769
2550 - 2500	34892	0	10	39	1359
2500 - 2450	894	0	5	19	17

Tabelle 7: Winterbilanz des Hintereisferners 2011/2012. H...Höhenstufe, A...Fläche, N...Anzahl der Sondierungen, WW... Wasserwert, h ... mittlere Schneehöhe, b_{wi} ...spezifische Winterbilanz, B_{wi} Winterbilanz. Da nicht in allen Höhenzonen Messungen durchgeführt werden konnten (siehe Spalte N) sind diese Werte interpoliert.

5.2 Die Jahresbilanz des Hintereisferners 2011/2012

Die Jahresbilanz des Hintereisferners wird aus den Messwerten an den Pegeln und Schächten wie in Kapitel 2 beschrieben berechnet.

5.2.1 Messwerte

Die Ablationswerte für das Haushaltsjahr 2011/2012 an den Pegeln und Schächten sind in Tabelle 8 angeführt, die Lage der Pegel und Schächte ist aus Abbildung 3 ersichtlich. Die Abbildung 9 zeigt den zeitlichen Verlauf der Ablation von Eis an ausgewählten Pegeln im Sommer 2012. Die Steigung der Kurven gibt Auskunft über die Schmelzrate an einzelnen Pegeln bzw. in verschiedenen Höhenzonen.

19	-674	66	-297	101	-103
22	-575	69	-324	L3/09	-168
27	-707	70	-324	L3/07	-104
30	-579	71	-242	L3/89	-187
34	-506	72	-306	L4/07	-190
38	-575	73	-254	L4/88	-222
41	-584	74	-182	L5/09	-217
42	-370	79	-235	L5/07	-110
46	-358	93	-132	L5/87	-411
50	-713	94	-124	L6/07	-329
51	-306	95	-77	L7/85	-408
57	-571	96	-163	L8/07	-456
61	-284	97	-165	L9/07	-581
64	-371	98	-185	L10/07	-501
65	-372	99	-174	HJ	65
				SJ	45

Tabelle 8: Wasserwerte (WW in cm) der Ablation an den Pegeln und Akkumulation an den Schächten am Hintereisferner vom 01. 10. 2011 bis 30.09.2012.

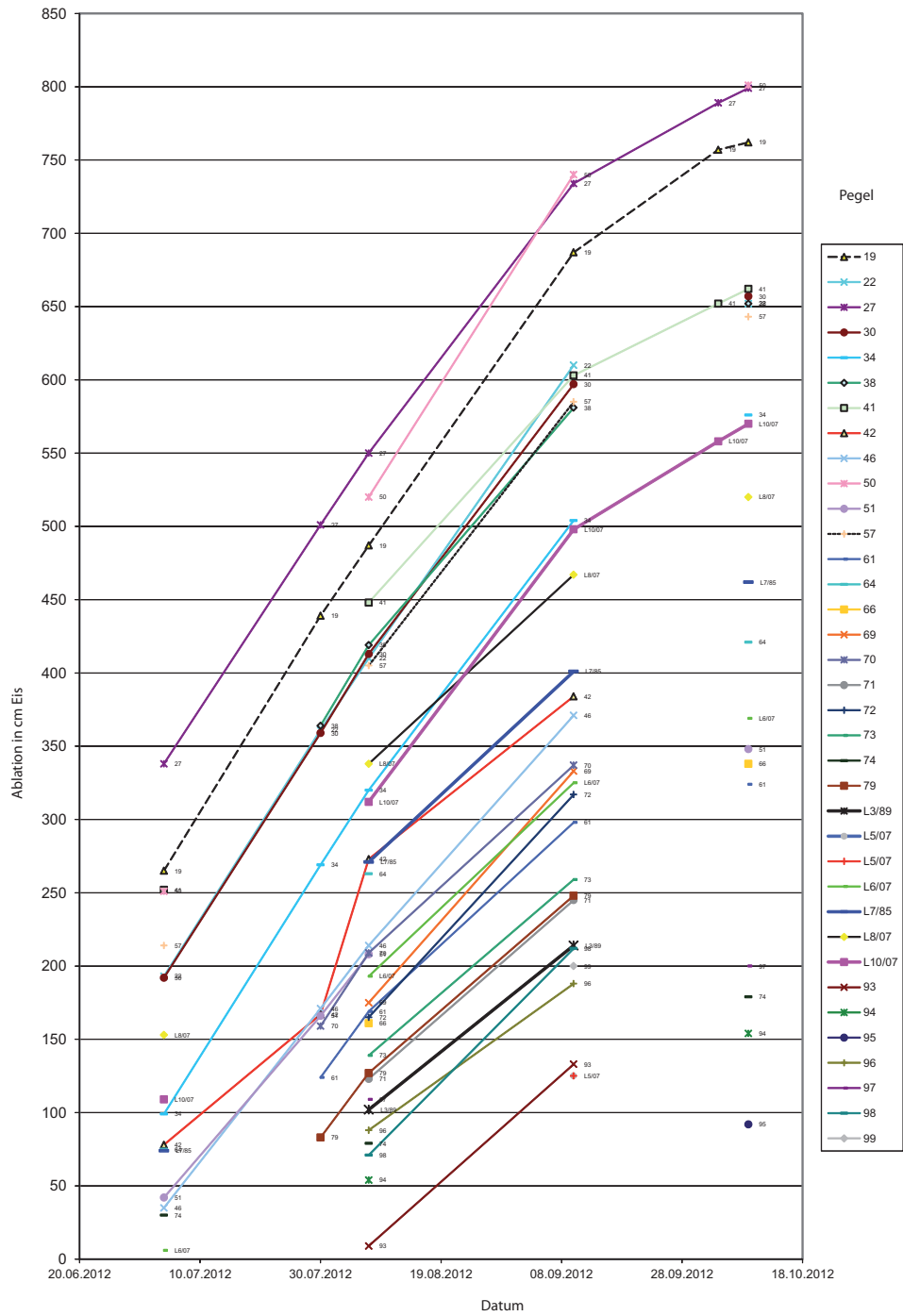


Abbildung 9: Zeitlicher Verlauf der Ablation 2012 in cm Eis an den Pegeln.

5.2.2 Auswertung

Die an den Pegeln und Schächten ermittelten Messwerte für das Haushaltsjahr wurden mithilfe von Karten, Fotos und Aufnahmen der Webcam räumlich extrapoliert. Die daraus entstandene Massenbilanzkarte zeigt die Linien und Flächen gleichen Wasserwertes (Abbildung 10). Diese Karte wird nach Höhenzonen ausgewertet (Tabelle 9), um daraus die Haushaltswerte des Gesamtgletschers zu berechnen.

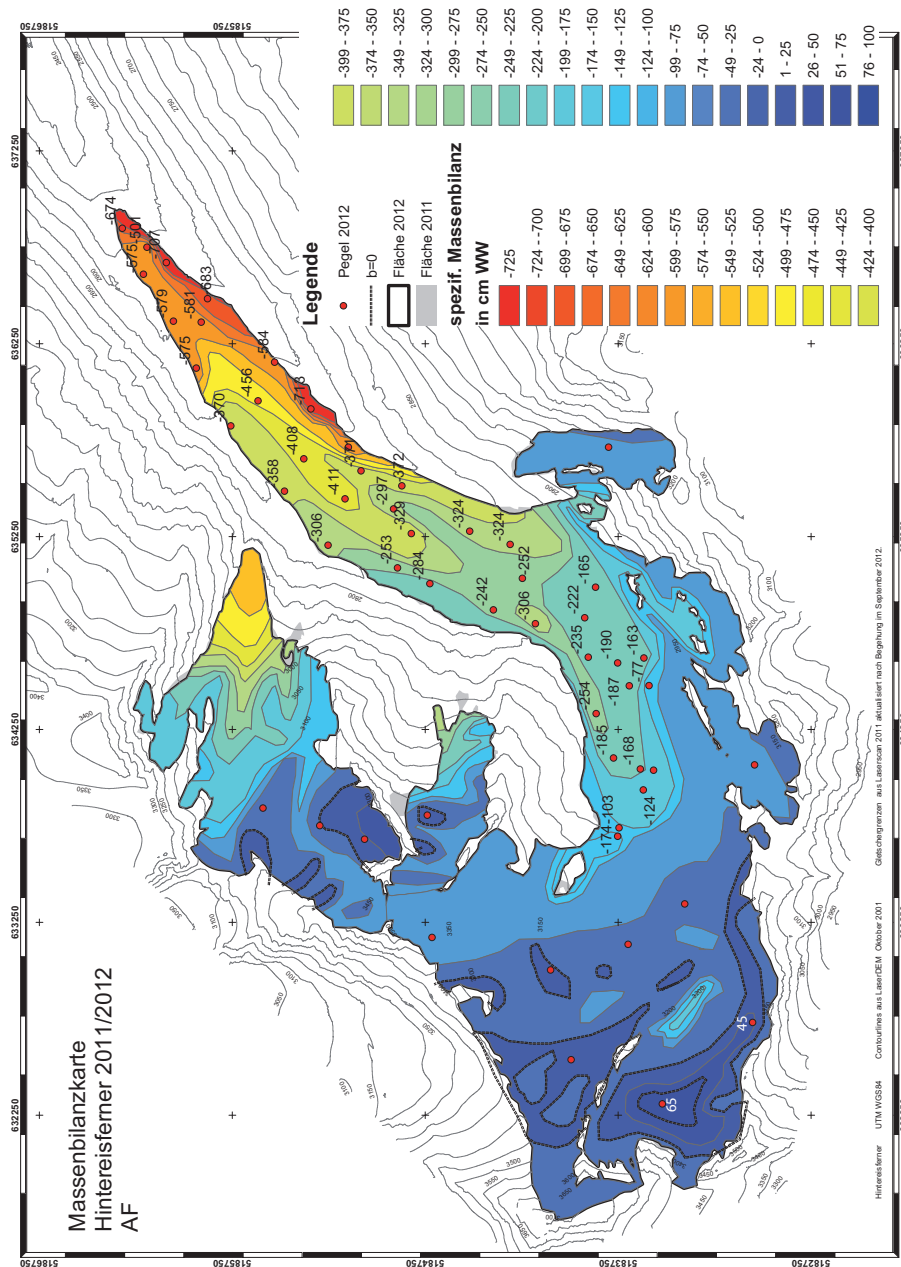


Abbildung 10: Isolinien des spezifischen Massenhaushaltes am Hinterseifener in cm Wasseräquivalent, gültig für den 30.09.2012. Schwarze Linie: $b=0$ mm w.e.

H	A	B	<i>b</i>	<i>b_{wi}</i>	<i>b_{so}</i>
	<i>km²</i>	<i>10³m³</i>	mm w.e.	mm w.e.	mm w.e.
3750 - 3700	0,005	-1,2	-250	390	-640
3700 - 3650	0,023	-5,7	-250	390	-640
3650 - 3600	0,027	-6,8	-250	390	-640
3600 - 3550	0,019	-4,7	-250	818	-1068
3550 - 3500	0,021	-7,1	-338	760	-1098
3500 - 3450	0,080	-42,3	-527	900	-1427
3450 - 3400	0,128	-44,7	-348	1274	-1622
3400 - 3350	0,251	-44,6	-177	1414	-1591
3350 - 3300	0,382	-14,2	-37	1349	-1386
3300 - 3250	0,417	-78,9	-189	1264	-1453
3250 - 3200	0,449	-166,1	-370	1210	-1580
3200 - 3150	0,570	-262,6	-460	1176	-1636
3150 - 3100	0,670	-394,4	-589	1152	-1741
3100 - 3050	0,662	-637,0	-962	1177	-2139
3050 - 3000	0,490	-652,9	-1333	1196	-2529
3000 - 2950	0,432	-751,4	-1739	1175	-2914
2950 - 2900	0,431	-884,9	-2055	1099	-3154
2900 - 2850	0,405	-977,8	-2412	982	-3394
2850 - 2800	0,217	-650,4	-2995	923	-3918
2800 - 2750	0,371	-1150,9	-3100	831	-3931
2750 - 2700	0,254	-1019,2	-4006	701	-4707
2700 - 2650	0,196	-931,0	-4761	572	-5333
2650 - 2600	0,165	-933,7	-5647	517	-6164
2600 - 2550	0,080	-491,2	-6114	78	-6192
2550 - 2500	0,016	-107,5	-6804	39	-6843

Tabelle 9: Nettobilanz und die spezifische Massenbilanz am Hintereisferner 2011/12 nach Höhenstufen und Jahreszeiten. Die spezifischen Bilanzen sind als Wasseräquivalent angegeben: 1 mm entspricht 1 kg m⁻². Flächen nach neuer Karte 2012. H...Höhenstufe, A...Fläche, B... Bilanz, b...spezifische Bilanz, *b_{wi}*...spezifische Winterbilanz, *b_s* spezifische Sommerbilanz.

5.2.3 Endergebnis

Das Vertikalprofil der spezifischen Bilanz über verschiedene Höhenzonen (Abbildung 11) zeigt den typischen Verlauf mit dem Maximum der Ablation an der Gletscherzunge.

$S_c=$	0,777	km^2
$B_c=$	154,4	10^3m^3
$b_c=$	199	mm WW
$S_a=$	5,986	km^2
$B_a=$	-10415,6	10^3m^3
$b_a=$	-1740	mm WW
$S=$	6,763	km^2
$B=$	-10261,1	10^3m^3
$b=$	-1517	mm WW
$b_{wi}=$	1073	mm WW
$b_s=$	-2590	mm WW
$S_c/S=$	0,115	
ELA	>3750	m

Tabelle 10: Kennzahlen der Massenbilanz 2011/2012 des Hintereisferners

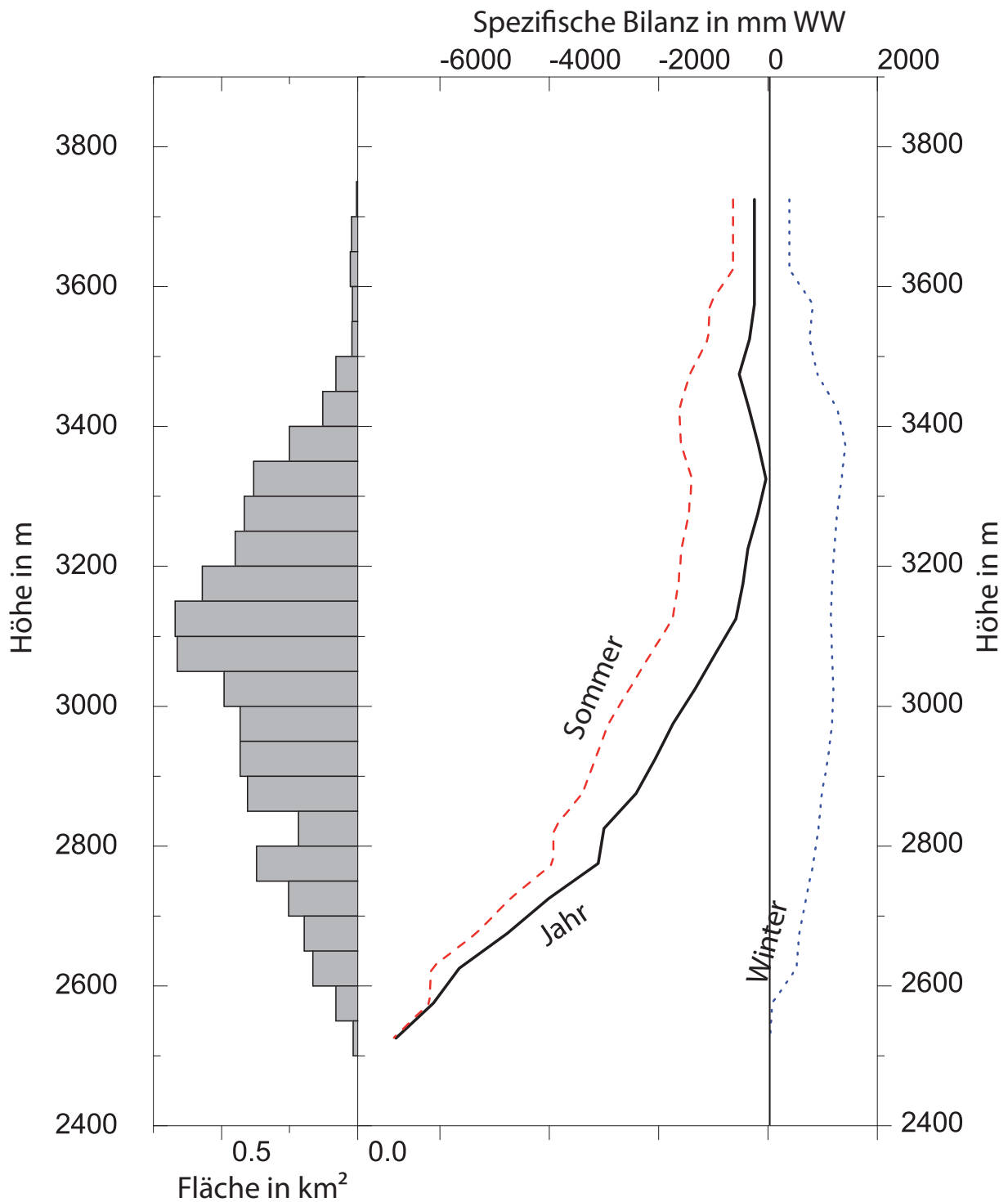


Abbildung 11: Die Verteilung der Flächen des Hintereisferners (Balken) und der Flächenmittel der spezifischen Jahresbilanz b (01.10.2011 - 30.09.2012, schwarze Kurve), der Winterbilanz b_{wi} (01.10.2011 - 30.04.2012, blaue Kurve) und der Sommerbilanz b_s (01.05. - 30.09.2012, rote Kurve) für 50-m-Höhenstufen.

6 Der Massenhaushalt des Kesselwandfeners 2011/2012

Die zur Bestimmung des Massenhaushaltes nötigen Feldarbeiten und Kontrollmessungen wurden an den in Tabelle 11 angeführten Tagen durchgeführt.

Messkampagnen
09.09.2011
22. und 23.08.2012
07. und 08.09.2012

Tabelle 11: Feldmessungen am Kesselwandfener.

6.1 Messwerte

Die Jahreswerte der Pegel sind in Tabelle 12 wiedergegeben.

Pegel	Höhe in m	WW in cm
L2=A4	3294	-5
L3	3256	16
L4=B7	3218	-42
L5	3179	-92
L6=C5	3131	-151
L7	3080	-179
L8=D4	3039	-272
L9	2968	-476

Tabelle 12: Wasserwerte (WW) der Ablation an den Pegeln am Kesselwandfener vom 01. 10. 2011 bis 30.09.2012.

6.2 Auswertung

Aus den Messwerten an den Pegeln wurde die Massenbilanzkarte des Kesselwandfeners interpoliert (Abbildung 12), die die Flächen gleicher Massenbilanz wiedergibt. Die für die einzelnen Höhenzonen aus dieser Karte berechneten Haushaltswerte sind in der Tabelle 13 zusammengefasst.

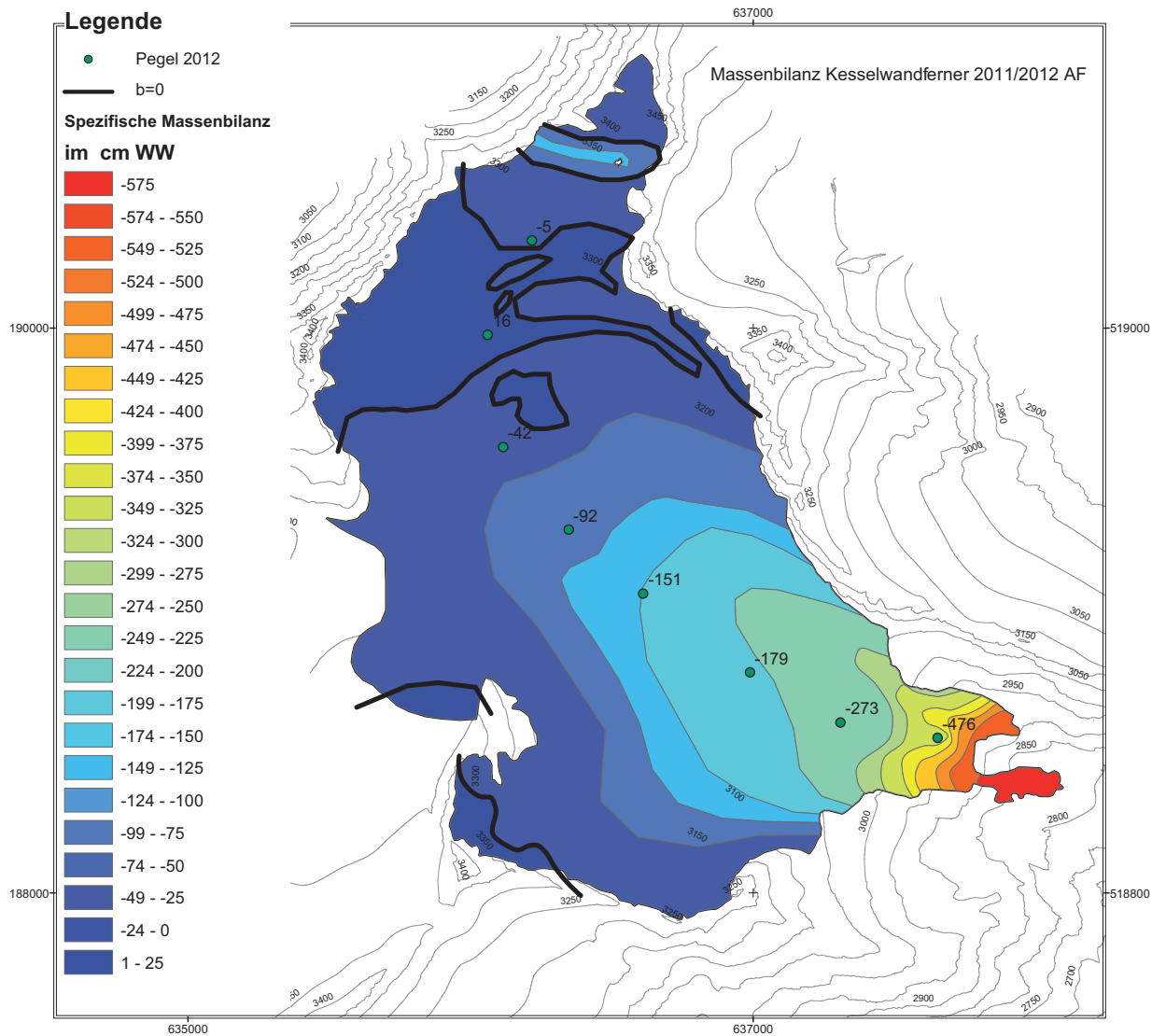


Abbildung 12: Isolinien des spezifischen Massenhaushaltes am Kesselwandferner in cm Wasser-äquivalent, gültig für den 30.09.2012. Schwarze Linie: $b=0$ mm w.e.

H	A in km^2	B in 10^3m^3	b in mm w.e.
3450 - 3500	0.021	-5.305	-250
3400 - 3450	0.026	-7.146	-273
3350 - 3400	0.044	-19.312	-439
3300 - 3350	0.256	-41.751	-163
3250 - 3300	0.599	-18.390	-31
3200 - 3250	0.827	-200.538	-243
3150 - 3200	0.700	-457.257	-653
3100 - 3150	0.513	-647.960	-1264
3050 - 3100	0.393	-739.655	-1882
3000 - 3050	0.126	-312.101	-2478
2950 - 3000	0.076	-294.614	-3855
2900 - 2950	0.029	-138.869	-4802
2850 - 2900	0.007	-38.417	-5750
2800 - 2850	0.015	-85.340	-5750

Tabelle 13: Nettobilanz und die spezifische Massenbilanz am Kesselwandferner 2011/2012 nach Höhenstufen. Die spezifischen Bilanzen sind als Wasseräquivalent angegeben: 1 mm entspricht 1 kg m^{-2} . Flächen nach Karte 2011. H...Höhenstufe, A...Fläche, B... Bilanz, b...spezifische Bilanz.

6.3 Endergebnis

Aus den Werten für die verschiedenen Höhenzonen ergibt sich das vertikale Profil der spezifischen Massenbilanz (Abbildung 13) und die Kennzahlen der Massenbilanz für den Gesamtgletscher (Tabelle 14). Die spezifische Massenbilanz des Haushaltsjahres 2011/12 ist mit -828 mm w.e. deutlich negativer als das langjährige Mittel. Die Gleichgewichtslinie lag über Gipfelniveau.

Kesselwandferner		
$S_c=$	0,569	km^2
$B_c=$	56,848	10^3m^3
$b_c=$	100	mm WW
$S_a=$	3,064	km^2
$B_a=$	-3063,504	10^3m^3
$b_a=$	-1000	mm WW
S=	3,632	km^2
B=	-3006,656	10^3m^3
b=	-828	mm WW
$S_c/S=$	0,157	
ELA=	über Gipfelniveau	m

Tabelle 14: Kennzahlen der Massenbilanz 2011/2012 des Kesselwandferners

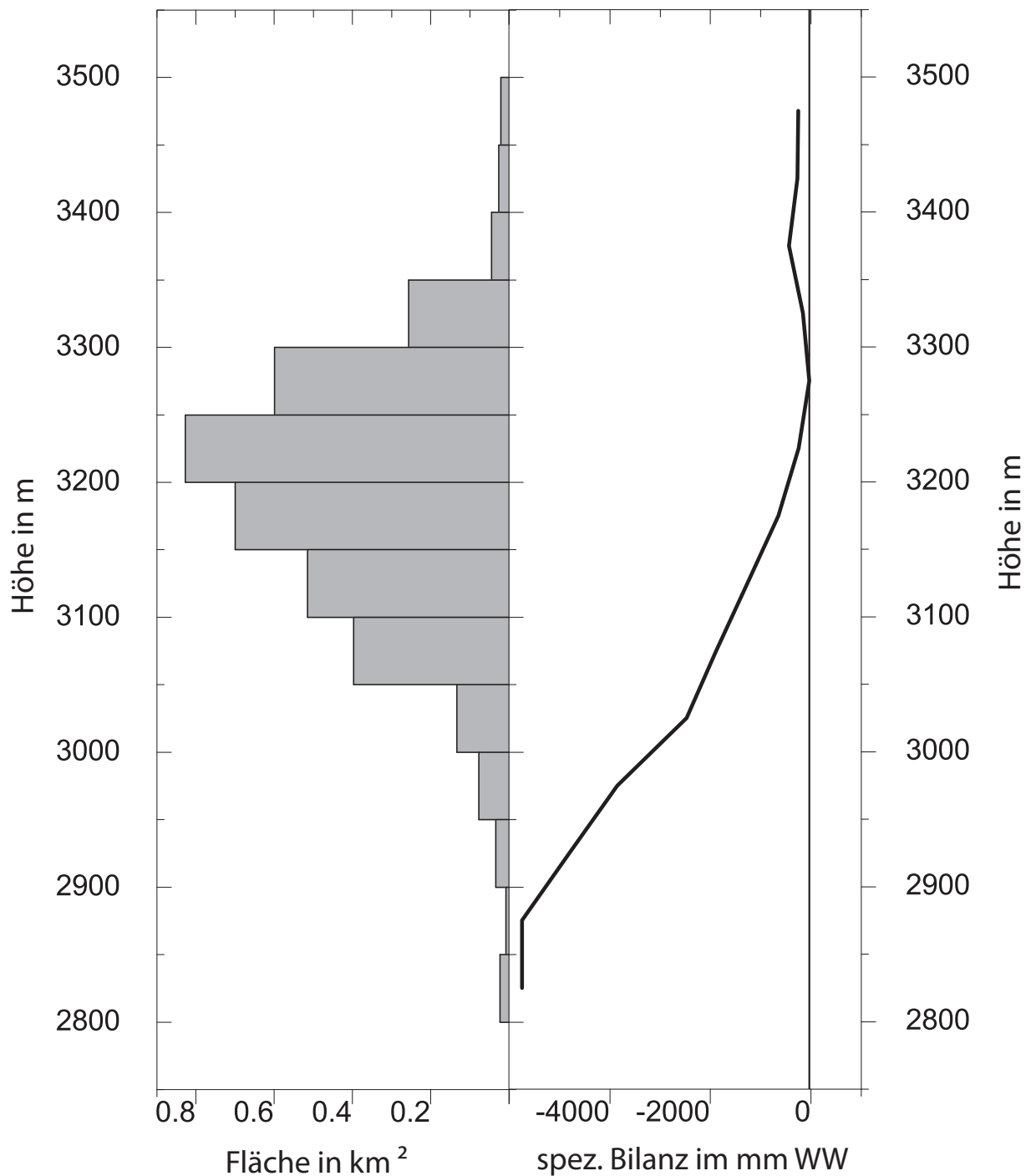


Abbildung 13: Die Verteilung der Flächen des Kesselwandferners (graue Balken) und der Flächenmittel der spezifischen Jahresbilanz b (01.10.2011 - 30.09.2012, schwarze Linie) für 50-m-Höhenstufen.

7 Team

Die Feldarbeiten am Hintereisferner wurden von PD. Dr. Andrea Fischer, Mag. Lea Hartl, Mag. Ursula Blumthaler, Mag. Martin Stocker-Waldhuber, Stefan Scheiblauber, Markus Duschek und Stefanie Gruber durchgeführt. Die Analyse und der Bericht stammen von PD. Dr. Andrea Fischer. Die Feldarbeiten am Kesselwandferner wurden von Dr. Heralt Schneider und Mag. Martin Stocker-Waldhuber mit Gehilfen durchgeführt, die Auswertung der Bilanz von PD. Dr. Andrea Fischer.

8 Anhang



Abbildung 14: Ausaperung des Hintereisferners am 31.05.2012.



Abbildung 15: Ausaperung des Hintereisfernens am 31.05.2012.



Abbildung 16: Ausaperungsstand des Kesselwandferners am 30.07.2012.



Abbildung 17: Ausaperungsstand des Hintereisferners am 30.07.2012.



Abbildung 18: Ausaperungsstand des Hintereisfernens am 30.07.2012.



Abbildung 19: Ausaperungsstand des Hintereisfernens am 07.08.2012.



Abbildung 20: Ausaperungsstand des Hintereisfernens am 07.08.2012.



Abbildung 21: Ausaperungsstand des Hintereisfernens mit durchtrennter Verbindung zum Hintereis am 07.08.2012.



Abbildung 22: Feldarbeiten am Kesselwandferner am 07.09.2012.



Abbildung 23: Ausaperungsstand des Hintereisferners am 10.09.2012 zum Ende des natürlichen Haushaltsjahres.



Abbildung 24: Ausaperungsstand des Hintereisferners am 10.09.2012 zum Ende des natürlichen Haushaltsjahres.



Abbildung 25: Ausaperungsstand des Kesselwandfeners am 10.09.2012 zum Ende des natürlichen Haushaltsjahres.

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.
- Lambrecht, A., und M. Kuhn, 2007: Glacier changes in the Austrian Alps during the last three decades, derived from the new Austrian glacier inventory. *Annals of Glaciology*, **46**, 177–184.