

Hintereisferner und Kesselwandferner

Massenhaushalt 2008/2009



Hochjochferner, Hintereisferner und Kesselwandferner am 27.09.2009

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



Inhaltsverzeichnis

1. Die Lage des Untersuchungsgebiets	3
2. Die Methode der Massenhaushaltsbestimmung	6
3. Witterungsverlauf 2008/2009	6
3.1 Der Winter 2008/2009	7
3.2 Der Sommer 2009	7
4. Der Massenhaushalt von Hintereisferner und Kesselwandferner 2008/2009	12
5. Mitarbeiter	21

Hintereisferner und Kesselwandferner 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 führt das Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck Messungen zur Bestimmung des Massenhaushaltes des Hintereisferners und Kesselwandferners mit der direkten glaziologischen Methode durch. Der vorliegende Bericht ist eine Zusammenfassung der Arbeiten und Ergebnisse aus dem hydrologischen Jahr 2008/2009.

1. Die Lage des Untersuchungsgebiets

Der Hintereisferner und der Kesselwandferner entwässern über die Rofenache in die Venter Ache im Einzugsgebiet des Inn. Weitere topographische Daten sind in Tabelle 1 angeführt.

		Hintereisferner	Kesselwandferner
Fläche im Jahr	1969	9.01	3.94
	1997	8.703	km ²
	2007		3.82 km ²
Höchster Punkt	2007	3710	3497 m
Tiefster Punkt	2007	2450	2750 m
Exposition:			
Akkumulationsgebiet		SO,NO,N	S
Ablationsgebiet		NO	S,SO

Tabelle 1: Topographische Kennzahlen des Hintereisferners und des Kesselwandferners

Die Abbildungen 1a zeigt eine Karte, die Abbildung 1b ein Orthofoto von Hintereisferner und Kesselwandferner. Der Hintereisferner ist ein typischer Talgletscher, dessen Zunge nach Nordosten exponiert ist und auf 2450 m Höhe endet. Das Firngebiet reicht bis in eine Höhe von 3710 m und ist nach Südosten bis Norden exponiert. Die Hauptflächen liegen um 3100 m. Die Zunge des Kesselwandferners reicht bis in eine Höhe von 2750 m Höhe und ist schwach ausgeprägt. Das Firngebiet des Kesselwandferners ist flach und erstreckt sich bis 3497 m Höhe. Zwischen 2800 und 2900 m befindet sich ein markanter Eisbruch, der in den letzten Jahren stark ausgeschmolzen ist.

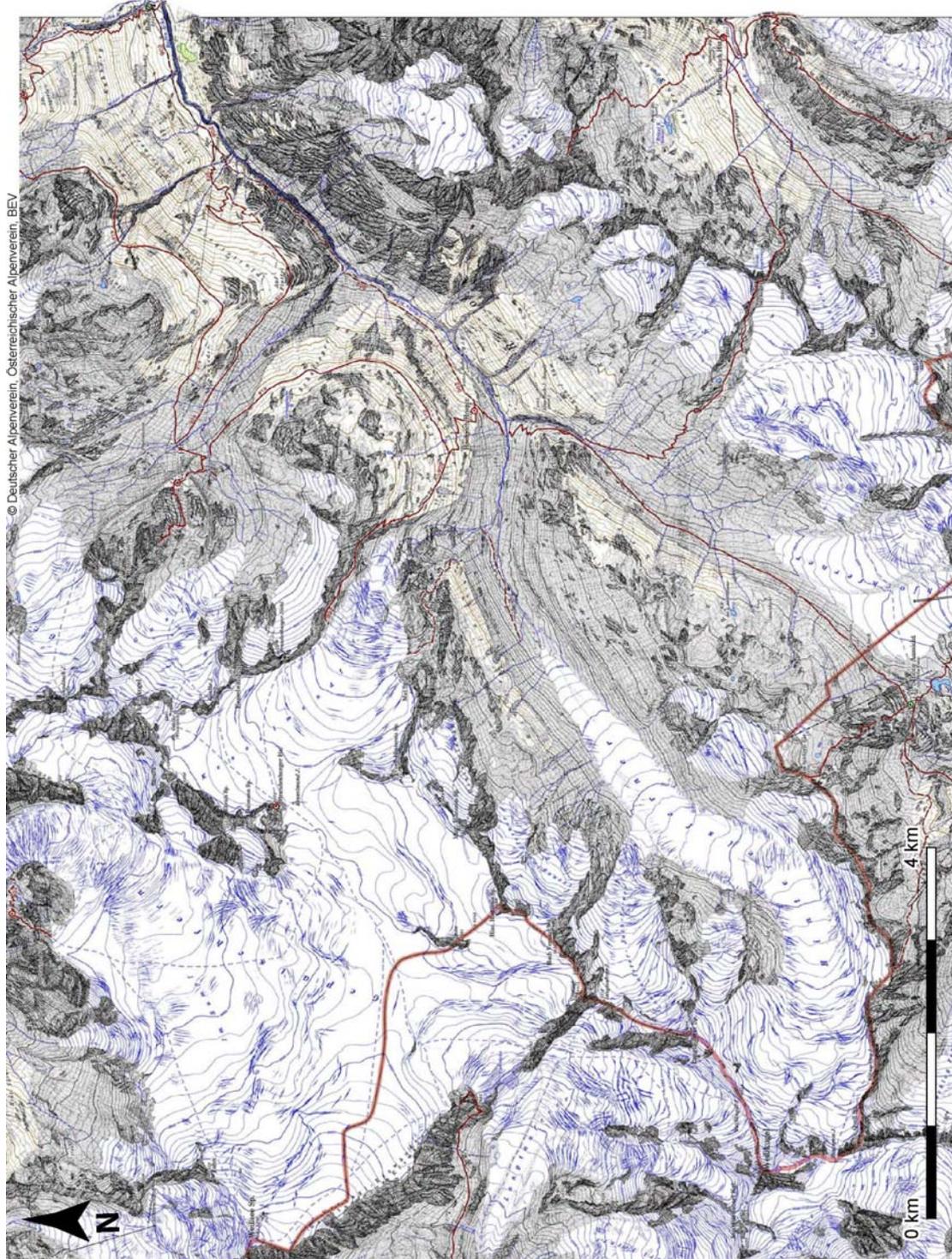


Abbildung 1a: Karte des Hintereisfernens und des Kesselwandfernens, AV-Karte Digital (Gletscherstand 2003).

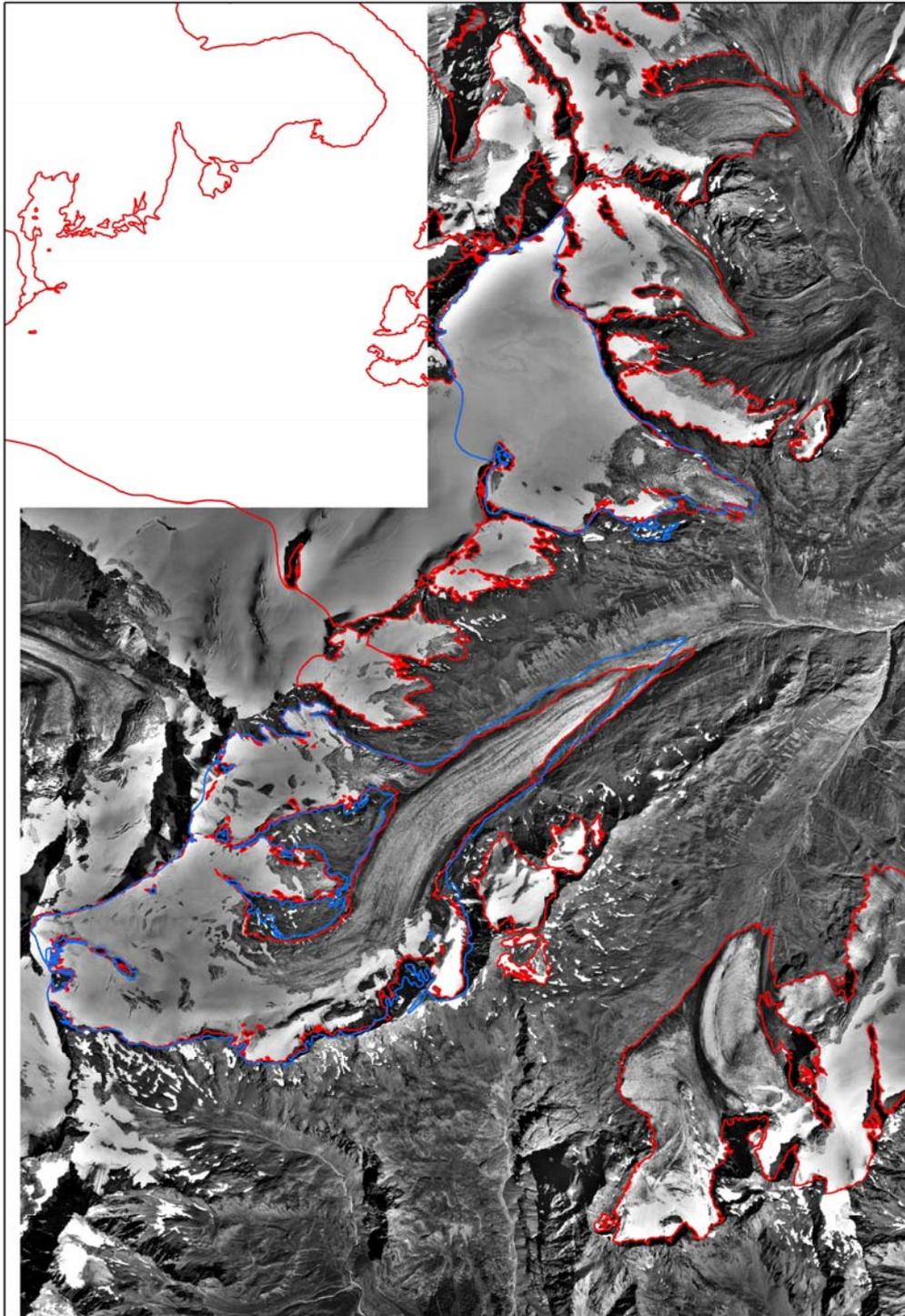


Abbildung 1b: Orthofoto 1997 mit Gletschergrenzen 1969 in blau und Gletschergrenzen 1997 in rot (mit Toteis) aus dem Österreichischen Gletscherinventar 1998.

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 am Hintereisferner am 29.09.2008, 01.04., 05./06.05, 14.07., 29./30.07., 20.08., 25.08. und am 24.09.2009; am Kesselwandferner am 24.08./25.08., 09./10.09. und am 28.09.2009 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 Vent in 1906 m Seehöhe. Temperatur- und Niederschlagsdaten dieser Station sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Die an den Totalisatoren rund um Hintereis- und Kesselwandferner gemessenen Niederschlagssummen sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Die Abbildung 2 zeigt die Abweichung vom Monatsmittel der Temperatur und der Monatssumme des Niederschlags vom langjährigen Mittel 1971 bis 2000 (aus: www.zamg.ac.at).

Das hydrologische Jahr 1.10.2008 - 30.9.2008 war gegenüber dem langjährigen Mittel 1906 - 2005 mit einer Temperatur von 2,4°C gegenüber dem hundertjährigen Mittel um 0,8°C zu warm. Die Summe des Niederschlags lag mit 704 mm 27 mm über dem langjährigen Mittel. Die überdurchschnittlichen Niederschläge des Winterhalbjahres und die dadurch akkumulierte Schneedecke verzögerte die Eisschmelze. Das führte zu einer späten Ausaperung des Eises und führte trotz eines deutlich zu warmen Sommers zu wesentlich geringeren Massenverlusten als 2008 und 2003.

3.1 Der Winter 2008/2009

Die Temperatur des Winters 2008/09 (Oktober – April) lag mit $-2,6^{\circ}\text{C}$ um $0,3^{\circ}\text{C}$ über dem langjährigen Mittelwert. Der Oktober 2008 war um $1,2^{\circ}\text{C}$, der April um $2,4^{\circ}\text{C}$ wärmer als das langjährige Mittel. Die Temperaturen des Novembers und Dezembers lagen $0,8$ bzw. $0,5^{\circ}\text{C}$ über dem langjährigen Mittel, von Januar bis März waren die Temperaturen unterdurchschnittlich.

Die Niederschlagsmenge lag mit 424 mm um 128 mm über dem langjährigen Mittelwert 1906-2007 von 296 mm . Die Monate November, Dezember, Februar und März zeigten um 30 bis 40 mm überdurchschnittliche Niederschläge. Im Oktober, Januar und April waren die Niederschläge leicht unterdurchschnittlich (-10 mm , -9 mm und -5 mm).

Die maximale Schneehöhe im Firngebiet dürfte Anfang Mai erreicht worden sein.

3.2 Der Sommer 2009

Der Sommer war gegenüber dem langjährigen Mittel um $1,5^{\circ}\text{C}$ zu warm. Der Niederschlag war 101 mm unter dem langjährigen Mittel.

Alle Sommermonate bis auf den Juni waren mehr als einen Grad zu warm. Besonders starke Abweichungen zeigten der Mai ($+2,6^{\circ}\text{C}$) und der August ($+2,3^{\circ}\text{C}$). Die Niederschlagssummen waren in allen Monaten außer Juli ($+36\text{ mm}$) um 17 mm (Juni) bis 44 mm (Mai) niedriger als das langjährige Mittel.

Monat	Temperatur Grad C		Niederschlag mm	
	2008/2009	Mittel 1906 – 2005	2008/2009	Mittel 1906 - 2005
Oktober	4,3	3,1	42	52
November	-1,5	-2,3	97	50
Dezember	-5,0	-5,5	74	40
Januar	-7,9	-6,7	29	38
Februar	-7,0	-6,1	67	35
März	-3,8	-3,2	77	38
April	2,6	0,2	38	43
Winter	-2,6	-2,9	424	296
Mai	7,5	4,9	18	62
Juni	8,5	8,1	62	79
Juli	10,9	9,9	123	87
August	11,8	9,5	49	91
September	8,2	6,9	28	62
Sommer	9,4	7,9	280	381
hydrolog. Jahr	2,4	1,6	704	677

Tabelle 2: Klimadaten 2008/2009 an der Station Vent in 1906 m Seehöhe.

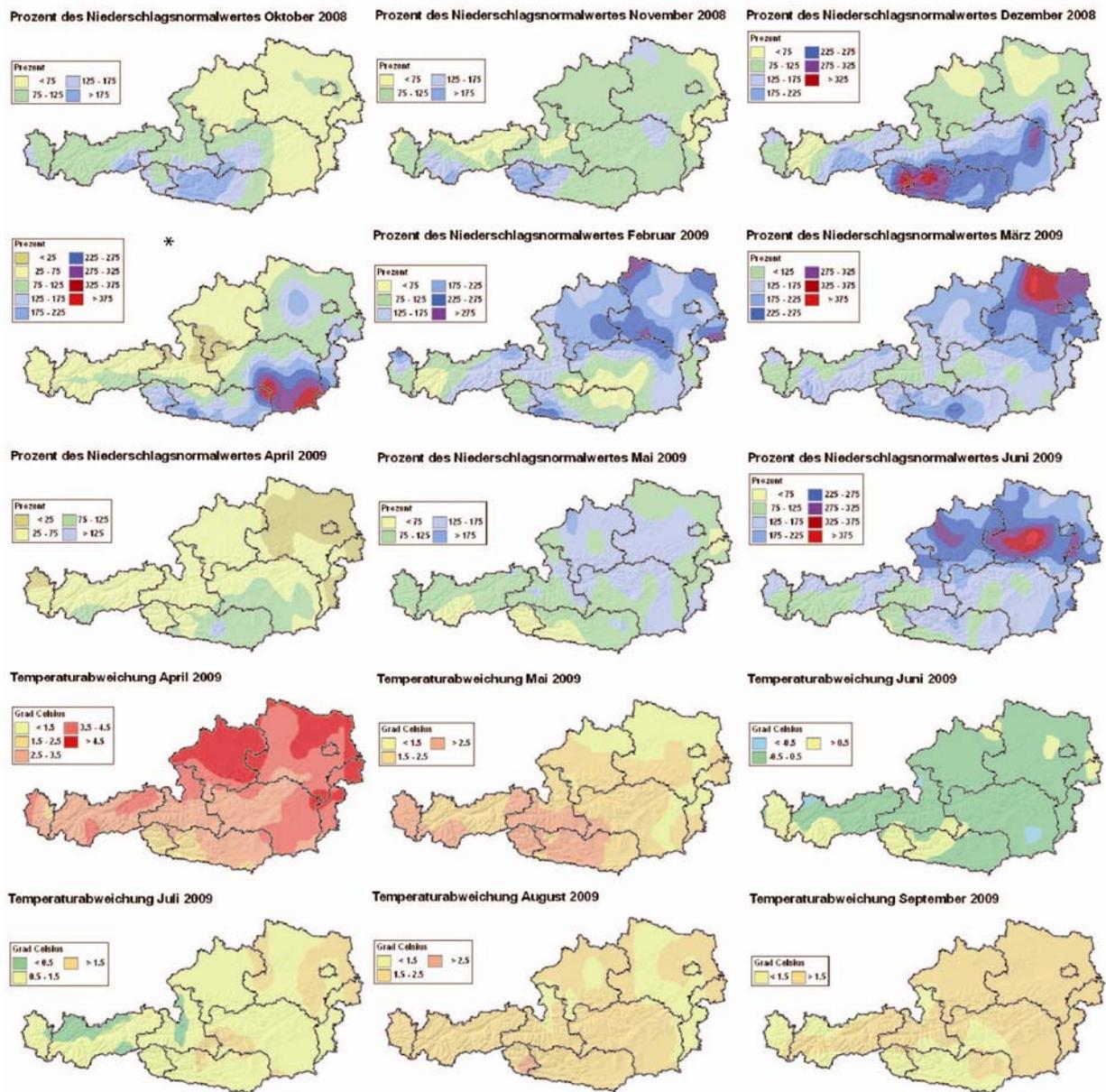


Abbildung 2: Übersicht der Abweichungen vom langjährigen Mittel der für den Gletscher wichtigen klimatischen Größen Monatsmittel der Temperatur und Monatssumme des Niederschlages (Mittel bezogen auf die Periode 1971 bis 2000). Die Abbildungen werden von der ZAMG unter www.zamg.ac.at zur Verfügung gestellt. * bei dieser Abbildung fehlt die Bildüberschrift, es handelt sich um die Datei karterr01-09.gif, die Überschrift würde `Prozent des Niederschlagsnormalwertes Januar 2009` oder ähnlich lauten.



Abbildung 3a: Die Weißkugel am 1.5.2009



Abbildung 3b: Zunge des Hintereisferners am 03.06.2009.



Abbildung 4: Schneegrenze am Hintereisferner 14.07.2009



Abbildung 5: Hintereisferner am 20.08.2009.



Abbildung 6a: Felsinsel zur Langtauferer Spitze am 27. 09. 2009.



Abbildung 6b: Im Hintern Eis von Station am 27. 09. 2009.

Tabelle 3: An den Totalisatoren 2008/2009 gemessene Niederschlagssummen.
Niederschlagsmessungen mit Totalisatoren im Einzugsgebiet des Pegels Rofenache, in mm

Messstelle Seehöhe	2008/2009							
	Vent N-Waage 1900 m	Vent 1900 m	Hochjochospiz 2360 m	Vernagtbrücke 2640 m	Proviandepot 2737 m	Rofenberg 2827 m	Latschbloder 2910 m	Hintereisferner 2970 m
Jahr 1.10. 2008- 30.9.2009	704	817	933	1100	1033	1267	1047	1625
Verhältnis zu Vent		1,16	1,33	1,56	1,47	1,80	1,49	2,31
Winter 1.10. 2008 - 31.3.2009	386	414	505	521	556	793	578	857
Verhältnis zu Vent		1,07	1,31	1,65	1,44	1,87	1,5	2,22
Sommer 1.4.2009 - 30.9.2009	318	403	428	579	477	474	469	768
Verhältnis zu Vent		1,27	1,35	1,50	1,50	1,49	1,48	2,42



Abbildung 7: Große Schneehöhen am Regenmesser Vernagtbach am 11.4.2009.

4. Der Massenhaushalt von Hintereisferner und Kesselwandferner 2008/2009

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.

Zu Beginn des Massenhaushaltsjahrs waren beide Gletscher mit Schnee bedeckt, im Oktober 2008 fand im Gegensatz zum Oktober 2007 kaum Ablation statt. Der Frühwinter war durchschnittlich bis leicht überdurchschnittlich niederschlagsreich. Der Niederschlag des Winterhalbjahres war überdurchschnittlich. Die Gletscherzunge aperte deshalb trotz hoher Temperaturen im Frühsommer erst Anfang Juni aus. Anfang Juli war die Schneegrenze im Vergleich zu früheren Jahren noch relativ tief gelegen, im Lauf des Julis stieg sie auf über 3000 m an. Am Ende

des Haushaltsjahres waren große Flächen aper, die Schmelzbeträge an den einzelnen Pegeln aber gering. Die Ablationssaison endete am 12. Oktober 2009. Die Ergebnisse der Pegelmessungen sind in den Tabellen 4 und 5 zusammengefasst. Die mittleren Abschmelzraten beim untersten schutfreien Pegel 19 am Zungenende des Hintereisferners betragen im Zeitraum 14.07. - 30.07.09 4,5 cm Eis pro Tag, vom 30.07.- 20.08.09 7,0 cm Eis pro Tag, vom 20.08. bis zum 25.08.09. 6,0 cm Eis pro Tag und vom 25.08. bis zum 24.09.09 3,8 cm Eis pro Tag.

In Abbildung 8a), 8b), 9a) und 9b) sind die Ablationswerte an den Pegeln und die Isolinien der Wasserwerte dargestellt, die daraus gewonnenen Haushaltswerte sind in den Tabellen 8a und 8b angeführt. Die daraus resultierenden Massenhaushaltswerte in den einzelnen Höhenstufen sind in den Tabellen 6 und 7 zusammengefasst. In den Tabellen 8 und 9 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:

$$S = S_C + S_a$$

$$B = B_C + B_a$$

$$b = B / S$$

$$b_C = B_C / S_C$$

$$b_a = B_a / S_a$$

Sowohl der Hintereisferner als auch der Kesselwandferner hatten einen negativen Massenhaushalt. Die spezifische Bilanz lag bei beiden Gletschern deutlich unter, die Gleichgewichtslinie über dem langjährigen Mittel.

Pegel	WW in cm	Pegel	WW in cm	Pegel	WW in cm	Schächte	WW in cm
19	-617	68	-291	99	-92	BE	64
22	-480	69	-318	105	-71	HJ	90
27	-642	70	-180	L10/82	-588	SJ	36
30	-474	71	-266	L10/07	-620		
34	-638	72	-221	L9/83	-484		
38	-370	73	-172	L9/07	-459		
41	-525	74	-283	L8/07	-400		
42	-306	76	-290	L7/85	-346		
46	-381	79	-210	L7/07	-346		
50	-506	92	-169	L6/86	-294		
51	-302	93	-161	L6/07	-266		
57	-417	94	-81	L5/87	-317		
61	-286	95	-127	L4/88	-199		
64	-338	96	-142	L4/07	-149		
65	-310	97	-178	L3/89	-167		
66	-264	98	-86	L3/07	-18		

Tabelle 4: Wasserwerte der Ablation und Akkumulation an den Pegeln und Schächten am Hintereisferner vom 1. 10. 2008 bis 30.9.2009.

Pegel	Höhe in m	WW in cm
L2=A4	3294	52
L3	3256	27
L4=B7	3218	16
L5	3179	-14
L6=C5	3131	-100
L7	3080	-116
L7_03	3080	-163
L8=D4	3039	-206
L9_08	2968	-444
L10=E2	2803	-516

Tabelle 5: Wasserwerte der Ablation und Akkumulation an den Pegeln am Kesselwandferner vom 1. 10. 2008 bis 30.9.2009.

Höhenstufe		Fläche	Volumen	Spezifische Bilanz
m		km ²	10 ³ m ³	mm
3750 - 3700		0,005	-1,2	-250
3700 - 3650		0,023	-4,2	-185
3650 - 3600		0,028	-1,9	-68
3600 - 3550		0,019	0,4	24
3550 - 3500		0,021	-5,4	-257
3500 - 3450		0,081	-18,4	-229
3450 - 3400		0,129	-10,2	-80
3400 - 3350		0,254	1,3	5
3350 - 3300		0,383	86,5	226
3300 - 3250		0,417	18,4	44
3250 - 3200		0,462	-27	-58
3200 - 3150		0,576	-56,3	-98
3150 - 3100		0,681	-196,4	-289
3100 - 3050		0,657	-324,9	-495
3050 - 3000		0,496	-411,3	-830
3000 - 2950		0,446	-557	-1250
2950 - 2900		0,454	-700,7	-1544
2900 - 2850		0,427	-828,9	-1941
2850 - 2800		0,226	-575,3	-2544
2800 - 2750		0,395	-1153,9	-2922
2750 - 2700		0,270	-946,1	-3509
2700 - 2650		0,204	-873,1	-4274
2650 - 2600		0,184	-903,7	-4922
2600 - 2550		0,099	-558,6	-5622
2550 - 2500		0,029	-183,6	-6352

Tabelle 6 : Die spezifische Massenbilanz am Hintereisferner 2008/2009 nach Höhenstufe. Die spezifischen Bilanzen sind als Wasseräquivalent angegeben: 1mm entspricht 1 kg m⁻². Flächen nach der Karte 2009.

Höhenstufe		Fläche	Gesamtbilanz	Spezifische Bilanz
m		km ²	10 ³ m ³	mm
3500 - 3450		0,021	-5,305	-250
3450 - 3400		0,026	-6,549	-250
3400 - 3350		0,044	-3,023	-69
3350 - 3300		0,256	8,711	34
3300 - 3250		0,599	54,946	92
3250 - 3200		0,827	-138,56	-168
3200 - 3150		0,700	-393,89	-562
3150 - 3100		0,515	-585,162	-1135
3100 - 3050		0,400	-640,922	-1604
3050 - 3000		0,141	-368,769	-2607
3000 - 2950		0,099	-420,366	-4260
2950 - 2900		0,042	-214,372	-5125
2900 - 2850		0,010	-56,714	-5448
2850 - 2800		0,035	-182,954	-5250
2800 - 2750		0,000	-1,506	-5250

Tabelle 7: Die spezifische Massenbilanz am Kesselwandferner 2008/2009 nach Höhenstufen. Die spezifischen Bilanzen sind als Wasseräquivalent angegeben: 1mm entspricht 1 kg m⁻². Flächen nach neuer Karte 2009.

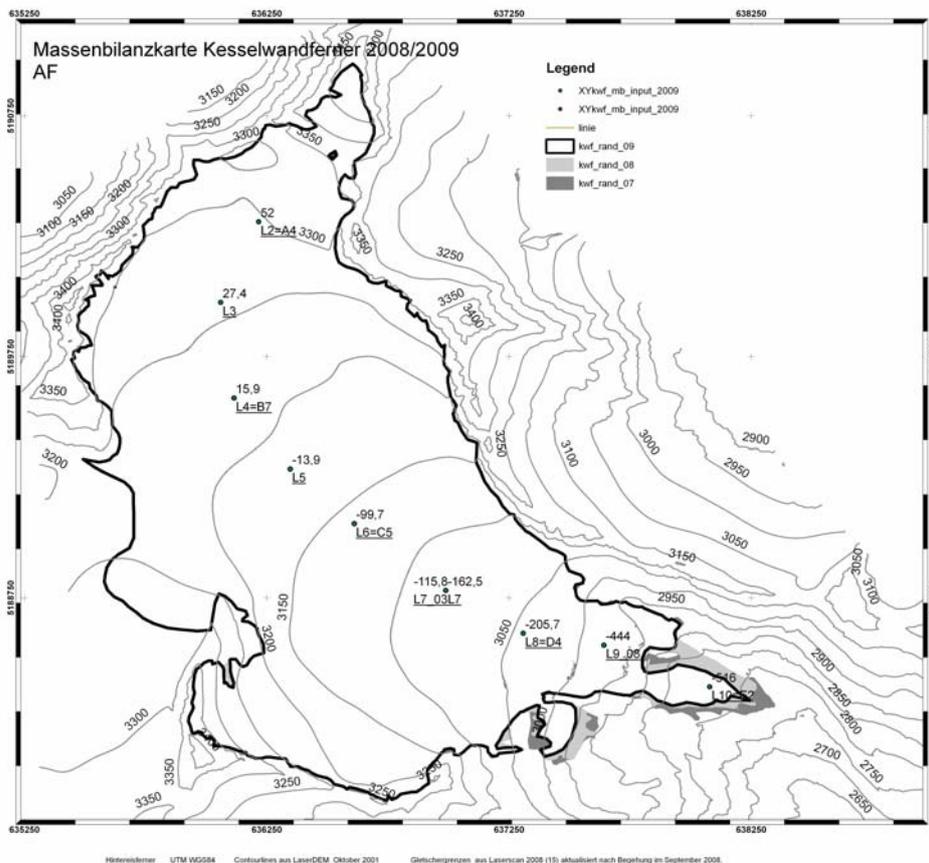


Abbildung 8a): Positionen und Massenhaushaltswerte (in cm WW) der Pegel am Kesselwandferner, gültig für den 30. 9. 2009.

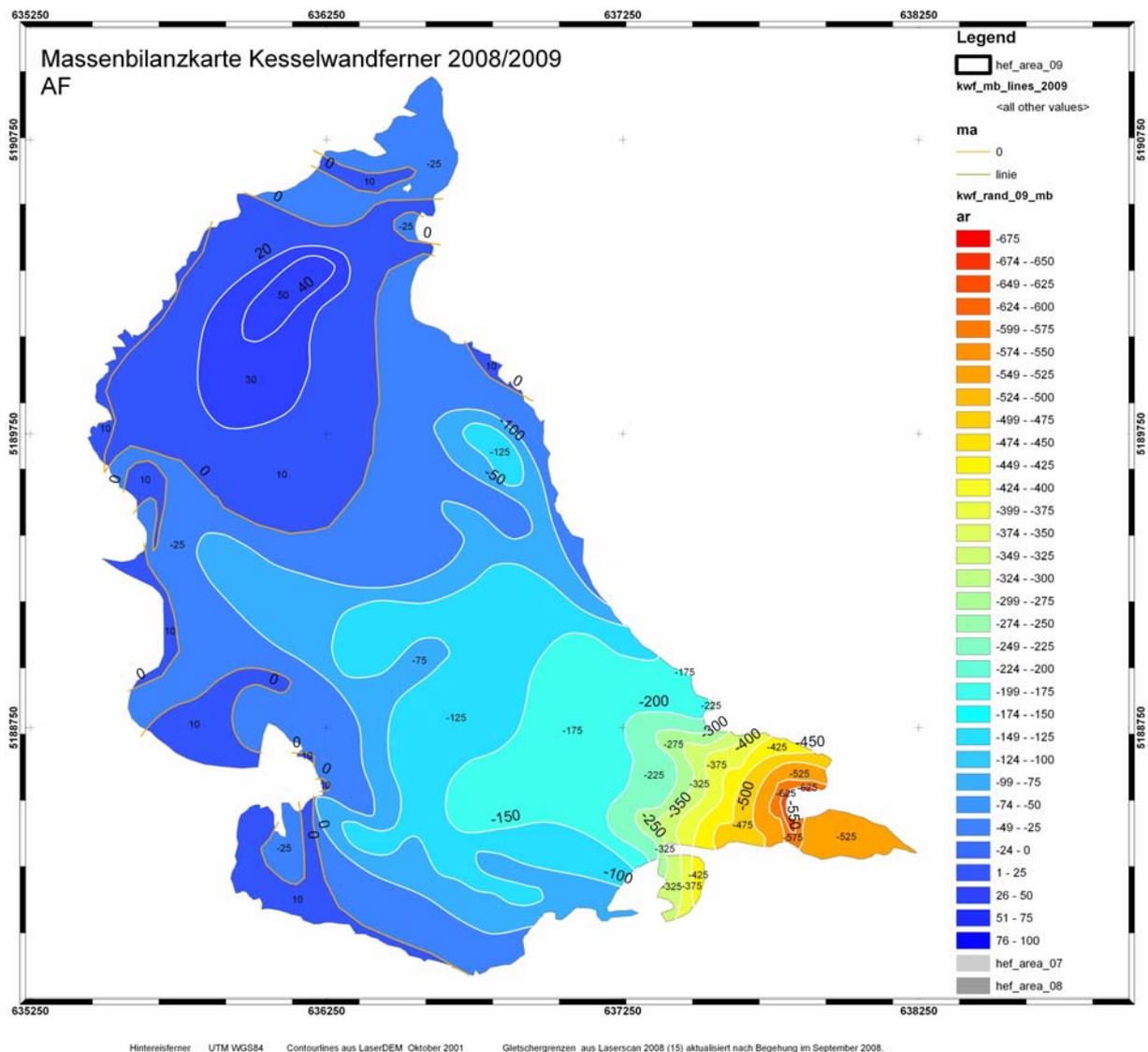


Abbildung 8b): Isolinien des spezifischen Massenhaushaltes am Kesselwandferner in cm WW, gültig für den 30. 9. 2009.

Der orografisch linke Teil der Zunge des Kesselwandfernens ist abgerissen (siehe Bericht 2007/2008).

Am Hintereisferner ist das Hintere Eis nur mehr durch ein wenige Meter breites Eisband mit dem Hauptgletscher verbunden. Die Felsfenster in der Flanke zur Langtaufererspitze wurden deutlich größer. Das Eis ist stark schuttbedeckt, das genaue Erkennen der Gletschergrenze im Bereich der Zungen ist schwierig.

Die mittlere Höhe der Gleichgewichtslinie (ELA) wird üblicherweise aus dem Höhenverlauf der spezifischen Jahresbilanz bestimmt, wie sie in Abbildungen 10 a) und b) wiedergegeben sind. Für den Hintereisferner wurde die Höhe der Gleichgewichtslinie mit 3257 m bestimmt, am Kesselwandferner lag sie in einer Höhe von 3252 m.

Tabelle 9 zeigt einen Vergleich der Kennzahlen der Massenhaushalte 2008/2009 von Hintereisferner und Kesselwandferner mit dem langjährigen Mittel.

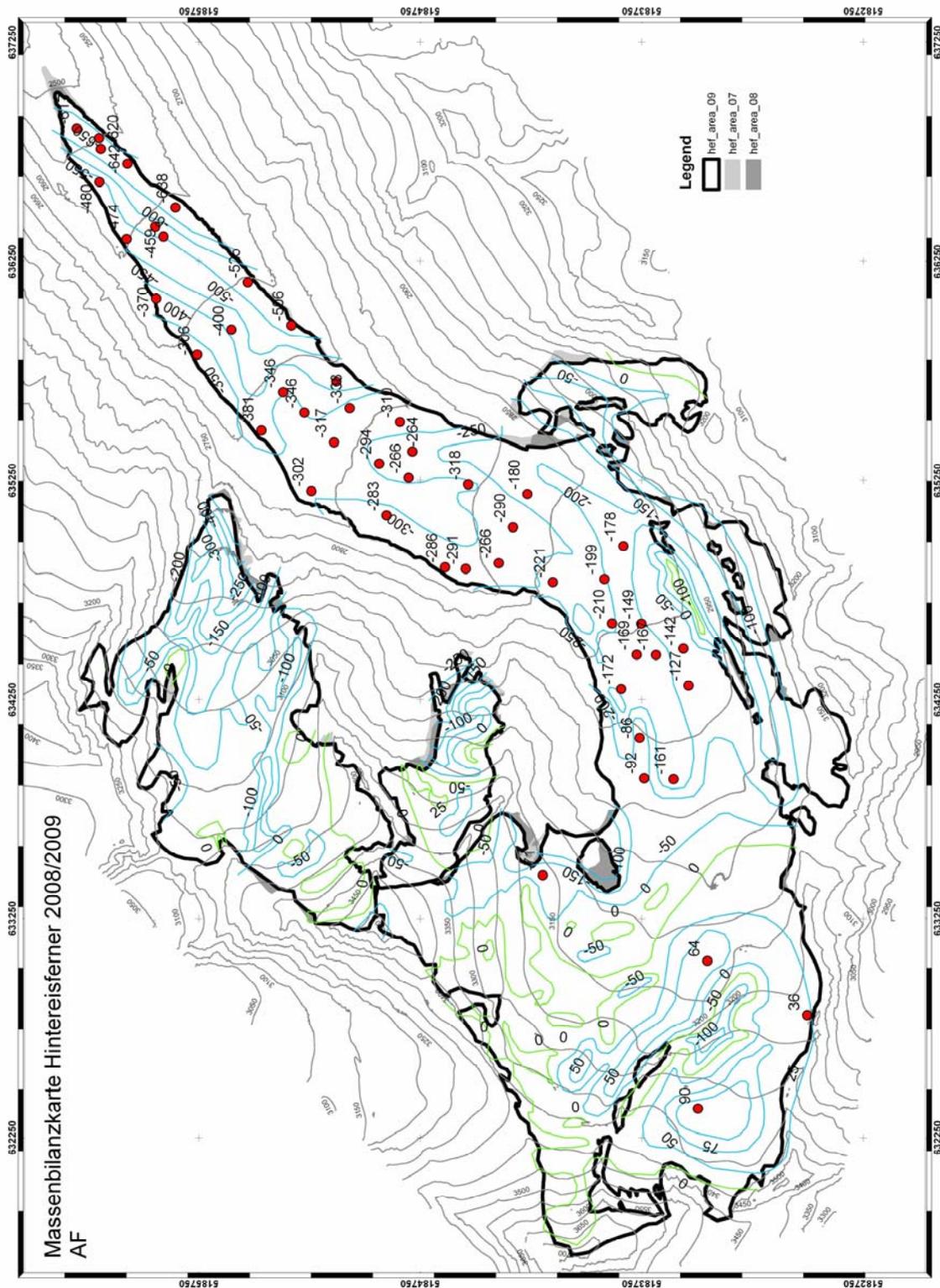


Abbildung 9a): Isolinien des spezifischen Massenhaushaltes und Lage der Pegel mit zugehörigen Massenhaushaltswerten am Hintereisferner (in cm Wasseräquivalent), gültig für den 30. 9. 2009. Die grauen Flächen waren im Vorjahr noch vergletschert.

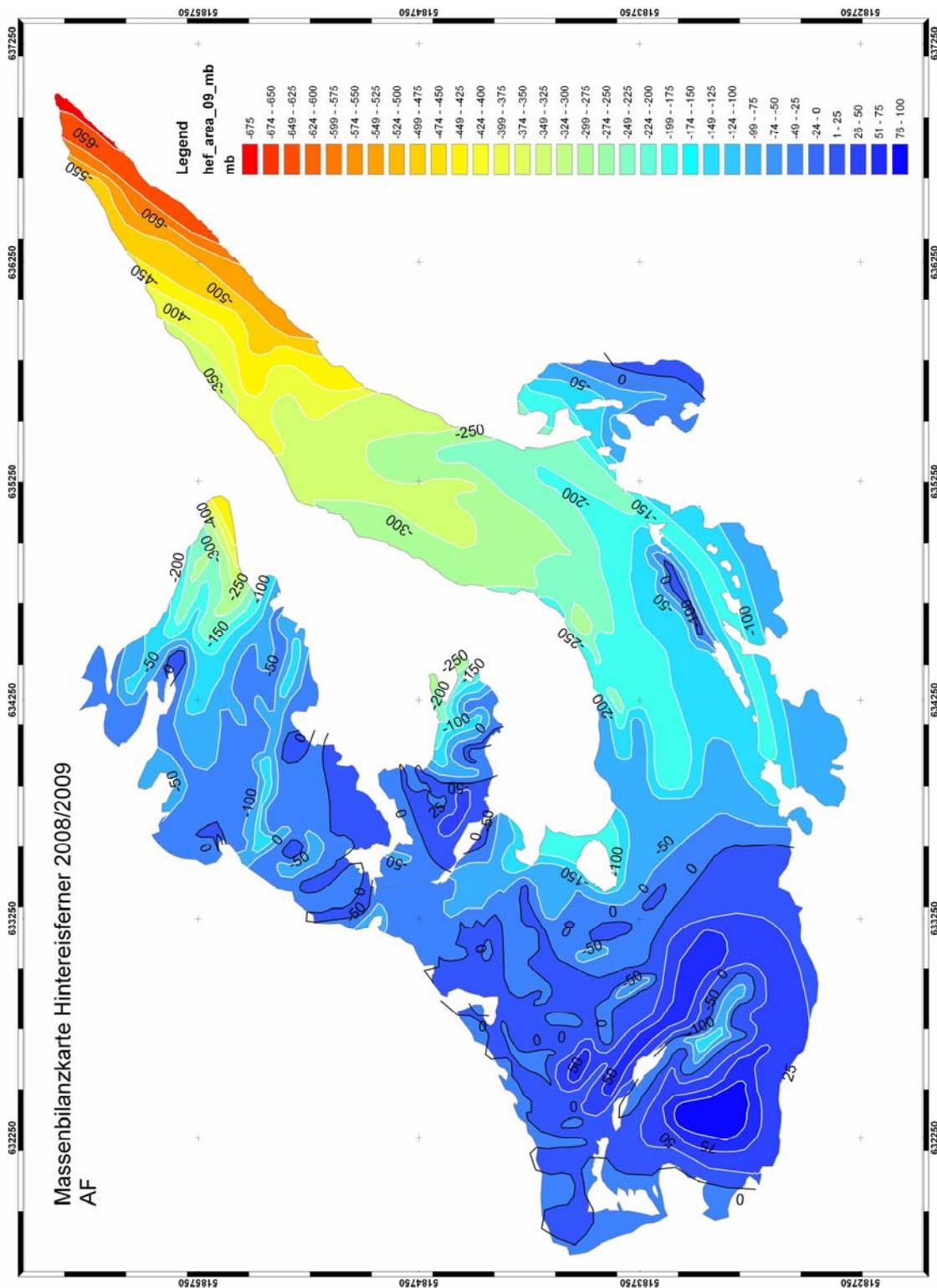


Abbildung 9b): Isolinien des spezifischen Massenhaushaltes am Hintereisferner in cm Wasseräquivalent, gültig für den 30. 9. 2009.

Akkumulationsgebiet			Ablationsgebiet		
Sc=	1,72	km ²	Sa=	5,24	km ²
Bc=	0,442	10 ⁶ m ³	Ba=	-8,674	10 ⁶ m ³
bc=	257	mm	ba=	-1654	mm
Jahresbilanz			Flächenverhältnis		
S=	6,96	km ²	Sc/S=	0,25	
B=	-8,232	10 ⁶ m ³	Höhe der Gleichgewichtslinie		
b=	-1182	mm	ELA=	3257	m

Tabelle 8a): Kennzahlen der Massenbilanz 2008/2009 des Hintereisferners.

Akkumulationsgebiet			Ablationsgebiet		
Sc=	1,0226	km ²	Sa=	2,6938	km ²
Bc=	0,152	10 ⁶ m ³	Ba=	-3,106	10 ⁶ m ³
bc=	148	mm	ba=	-1153	mm
Jahresbilanz			Flächenverhältnis		
S=	3,7164	km ²	Sc/S=	0,275	
B=	-2,954	10 ⁶ m ³	Höhe der Gleichgewichtslinie		
b=	-795	mm	ELA=	3252	m

Tabelle 8b): Kennzahlen der Massenbilanz 2008/2009 des Kesselwandferners.

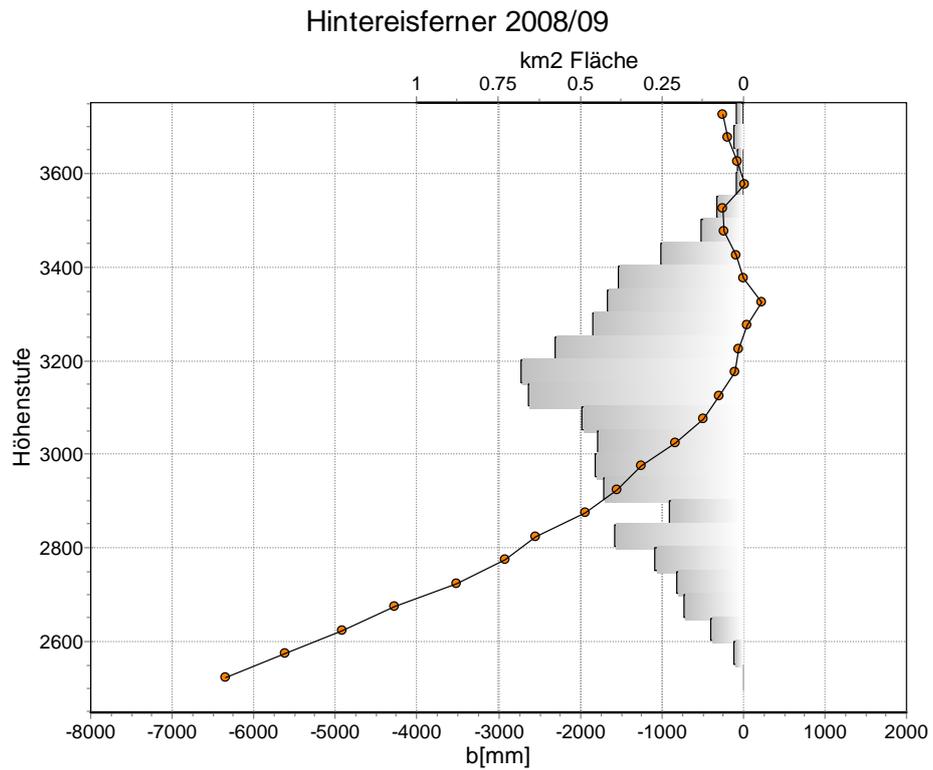


Abbildung 10 a): Die Verteilung der Flächen des Hintereisferners (Balken) und die spezifischen Jahresbilanz b für 50-m-Höhenstufen.

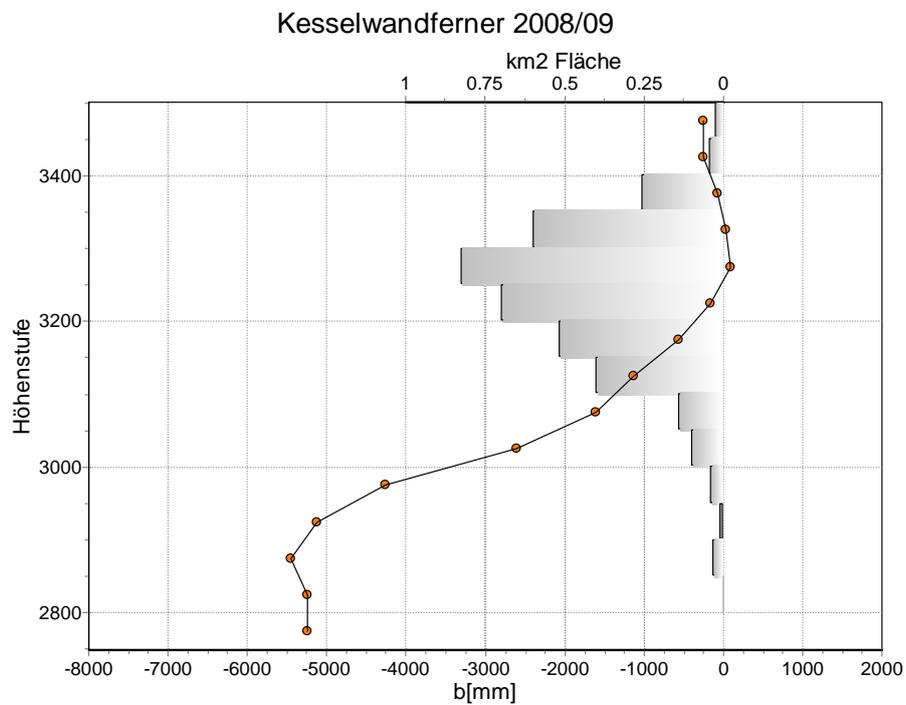


Abbildung 10 b): Die Verteilung der Flächen des Kesselwandferners (Balken) und die spezifischen Jahresbilanz b für 50-m-Höhenstufen.

Hintereisferner	Nettoakkum.			Nettoabl.			Massenbilanz			m	Flverh.
	km ²	10 ⁶ m ³	mm	km ²	10 ⁶ m ³	mm	km ²	10 ⁶ m ³	mm		
1.10. - 30.9.	Sc	Bc	bc	Sa	Ba	ba	S	B	b	ELA	Sc/S
2008/2009	1,721	0,443	257	5,243	-8,674	-1644	6,964	-8,232	-1182	3257	0,247
Mittel	4,482	2,590		4,491	-6,083		8,974	-4,446	-509	2911	0,493
Abweichung	-2,761	-2,147		-0,752	-2,591		-2,010	-3,786	-673	346	-0,246

Kesselwandferner	Nettoakkum.			Nettoabl.			Massenbilanz			m	Flverh.
	km ²	10 ⁶ m ³	mm	km ²	10 ⁶ m ³	mm	km ²	10 ⁶ m ³	mm		
1.10. - 30.9.	Sc	Bc	bc	Sa	Ba	ba	S	B	b(mm)	ELA	Sc/s
2008/2009	1,023	0,152	148	2,694	-3,106	-1153	3,716	-2,954	-795	3252	0,275
Mittel	2,858	1,679		1,374	-1,871		4,190	-0,291	-68	3131	0,673
Abweichung	-1,835	-1,527		1,320	-1,235		-0,474	-2,663	-727	121	-0,398

Tabelle 9: Vergleich der Kennzahlen des Massenhaushalts mit den Mitteln aus der Periode 1952/53-2007/2008 .

5. Mitarbeiter

Die Feldarbeiten wurden von Andrea Fischer, Jakob Abermann, Anna Haberkorn, Philip Sacherer, Heralt Schneider und vielen anderen durchgeführt, Analyse und Bericht stammen von Andrea Fischer.