

Hintereisferner und Kesselwandferner

Massenhaushalt 2007/2008



Hintereisferner am 09.09.2008

**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 2007/2008.....	6
3.1 Der Winter 2007/2008.....	7
3.2 Der Sommer 2008	7
4. Der Massenhaushalt von Hintereisferner und Kesselwandferner 2007/2008.....	12
5. Mitarbeiter	20

Hintereisferner und Kesselwandferner Massenhaushalt 2007/2008

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 2007/2008.

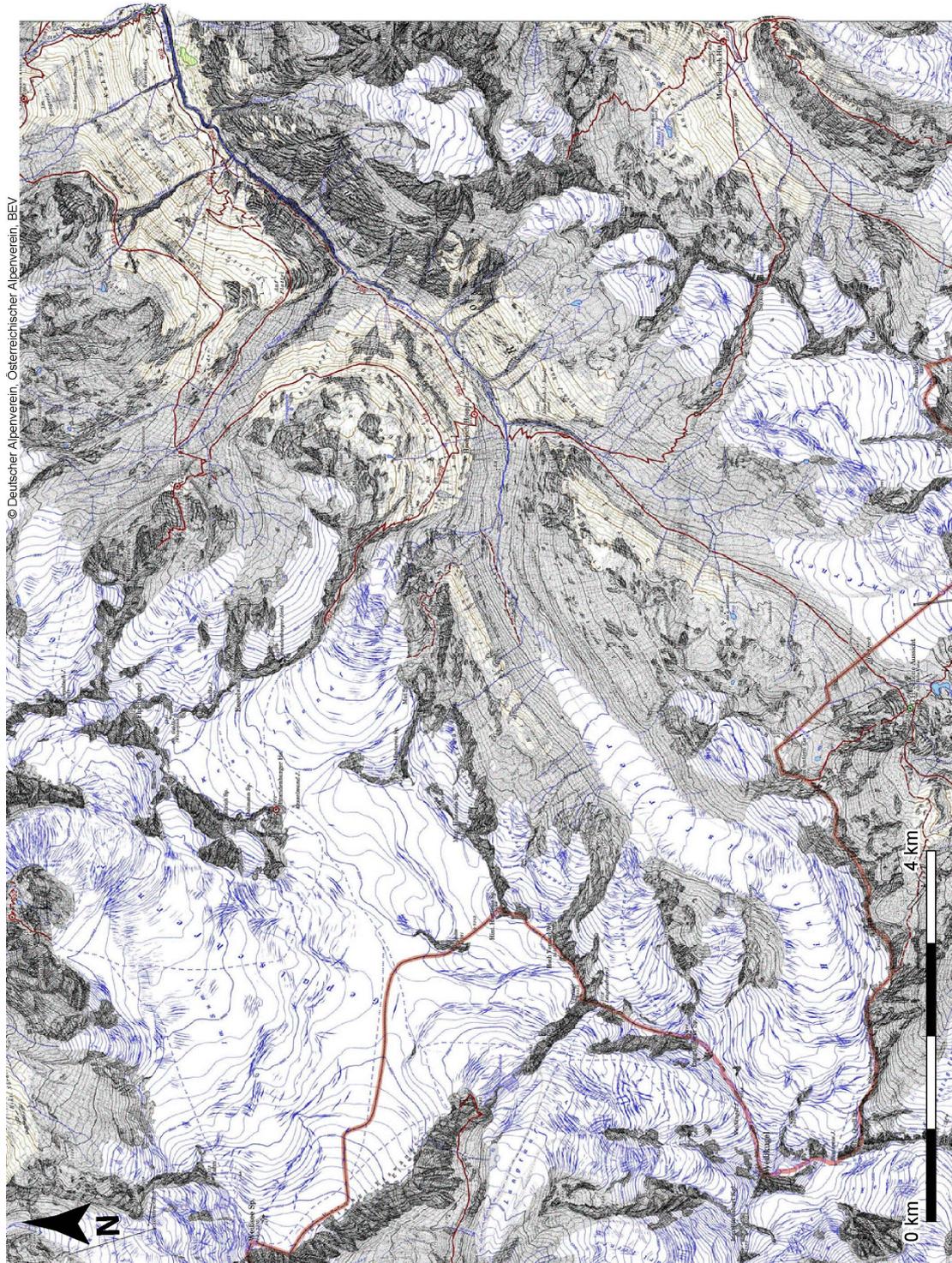
1. Die Lage des Untersuchungsgebiets

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 ausgeapert ist.



© Deutscher Alpenverein, Österreichischer Alpenverein, BEV

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

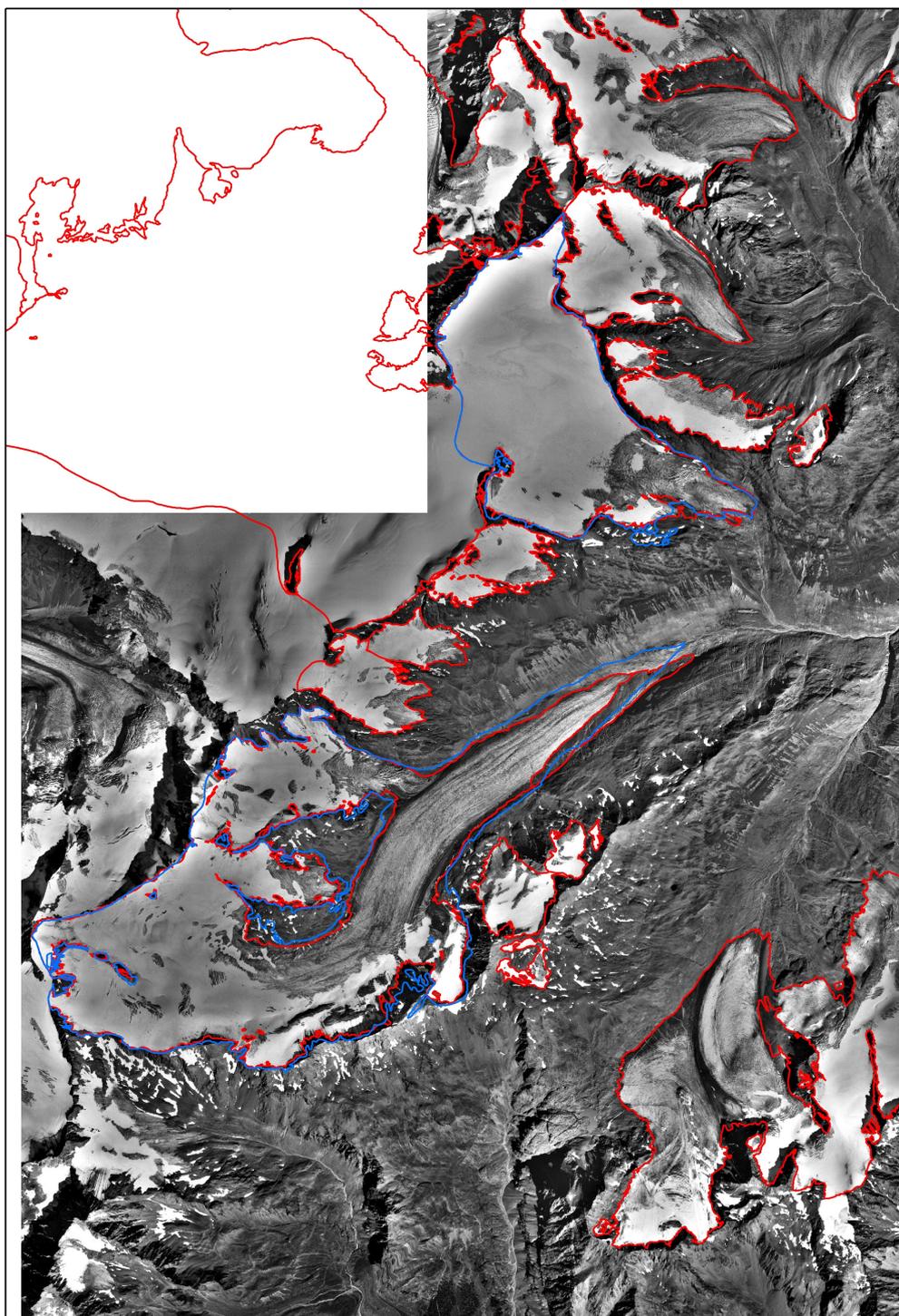


Abbildung 1b: Orthofoto 1997 mit Gletschergrenzen 1969 in blau und Gletschergrenzen 1997 in rot (mit Toteis) aus dem Österreichischen Gletscherinventar 1998.

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 eing Bohrten 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 01.10.2007, 14.05.2008, 02.06.2008, 25./26. 06.2008, 23.07.2008, 28.07.2008, 07.08.2008, 26.08.2008, 09.09.2008, 18.09.2008, 29.09.2008 und am Kesselwandferner am 02./03.09. 2008 und am 09. und 10. 09.2008 durchgeführt.

3. Witterungsverlauf 2007/2008

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 1.10.2007 - 30.9.2008 war gegenüber dem langjährigen Mittel 1906 - 2005 mit einer Temperatur von 2,1°C gegenüber dem hundertjährigen Mittel um 0,5°C zu warm. Die Summe des Niederschlags lag mit 662 mm nur 15 mm unter dem langjährigen Mittel.

3.1 Der Winter 2007/2008

Die Temperatur des Winters 2006/07 (Oktober – April) lag mit $-2,6^{\circ}\text{C}$ um $0,3^{\circ}\text{C}$ über dem langjährigen Mittelwert. Der Oktober 2007 war um etwa 1°C wärmer als das langjährige Mittel, Jänner und Februar 2008 fast 3°C wärmer. Die Temperaturen des Spätwinters entsprachen dem langjährigen Mittel.

Die Niederschlagsmenge war mit 280 nur geringfügig unter dem langjährigen Mittelwert 1906-2007 von 296 mm. Der November war durch häufige Westwetterlagen gekennzeichnet, die nur geringe Niederschläge im Rofental brachten.

Zu trocken waren der Dezember und der Februar, in denen nur etwas mehr als die Hälfte des langjährigen Mittels des Niederschlags fiel. Der häufige Wind verursachte starke Umlagerung des Schnees. Die Niederschlagssummen des Jäners waren durchschnittlich, der November und der April überdurchschnittlich wenn auch in geringerem Ausmaß als der Oktober. Die maximale Schneehöhe im Firngebiet dürfte Mitte Mai bis Anfang Juni erreicht worden sein.

3.2 Der Sommer 2008

Der Sommer war gegenüber dem langjährigen Mittel um $0,8^{\circ}\text{C}$ zu warm. Der Niederschlag entsprach dem langjährigen Mittel.

Bis auf den September, der um $1,0^{\circ}\text{C}$ kühler war als im langjährigen Mittel, und den Juli, dessen Monatsmittel nahe dem langjährigen Mittel liegt, waren alle Monate um etwa 1°C zu warm. Die Niederschlagssummen in Frühsommer entsprachen genau dem langjährigen Mittel, der Niederschlag des Juli war um 30 mm über dem langjährigen Mittel, was durch die unterdurchschnittlichen Niederschläge im August und September wieder kompensiert wurde.

Monat	Temperatur Grad C		Niederschlag mm	
	2007/2008	Mittel 1906 – 2005	2007/2008	Mittel 1906 - 2007
Oktober	2,3	3,1	14,3	52
November	-3,6	-2,3	81,4	50
Dezember	-6,2	-5,5	25,8	40
Januar	-3,8	-6,7	38,6	38
Februar	-3,5	-6,1	14,4	35
März	-3,3	-3,2	34,0	38
April	-0,2	0,2	71,6	43
Winter	-2,6	-2,9	280,1	296
Mai	6,6	4,9	61,2	62
Juni	10,2	8,1	80,2	79
Juli	10	9,9	116,9	87
August	10,7	9,5	83,9	91
September	5,9	6,9	39,5	62
Sommer	8,7	7,9	381,7	381
hydrolog. Jahr	2,1	1,6	661,8	677

Tabelle 2: Klimadaten 2007/2008 an der Station Vent in 1906 m Seehöhe.

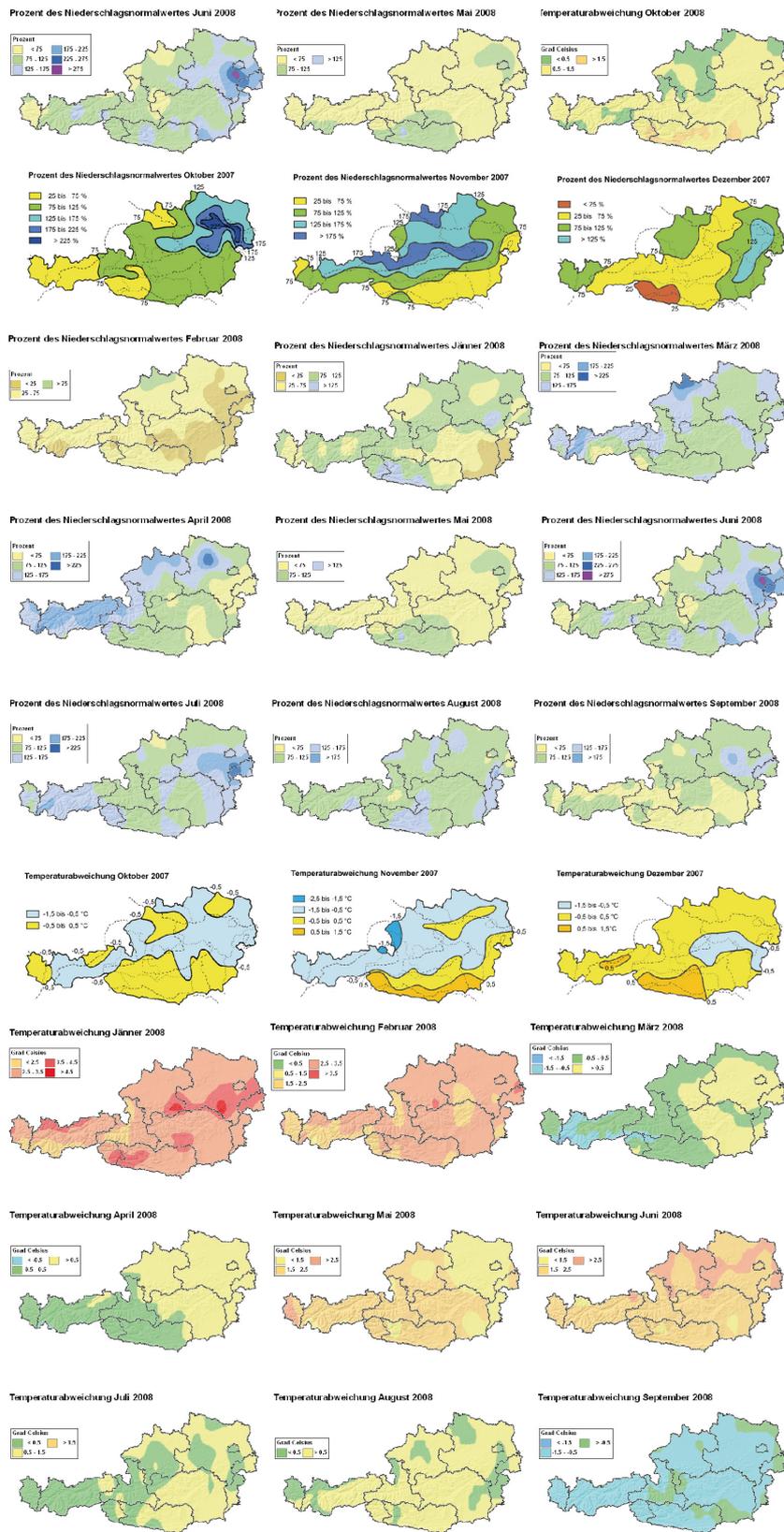


Abbildung 2: Übersicht der Abweichungen vom langjährigen Mittel der für den Gletscher wichtigen klimatischen Größen Monatsmittel der Temperatur und Monatssumme des Niederschlages (Mittel bezogen auf die Periode 1971 bis 2000). Die Abbildungen werden von der ZAMG unter www.zamg.ac.at zur Verfügung gestellt.



Abbildung 3a: Hintereisferner am 1. 10. 2007 zu Beginn des Massenhaushaltsjahres



Abbildung 3b: Zunge des Hintereisferners am 7.8.2008.



Abbildung 4: Pegel 12 am Hintereisferner am 07.08.2008



Abbildung 5: Brücke über den Bach des Kesselwandfernners am 07.08.2008.



Abbildung 6: Zunge des Kesselwandfernens am 03. 09. 2008.

Tabelle 3: An den Totalisatoren 2007/2008 gemessene Niederschlagssummen.

Niederschlagsmessungen mit Totalisatoren im Einzugsgebiet des Pegels Rofenache, in mm						2007/2008		
Messstelle	Vent N-Waage	Vent	Hochjochospiz	Vernagtbrücke	Proviantdepot	Rofenberg	Latschloder	Hintereisferner
Seehöhe	1900 m	1900 m	2360 m	2640 m	2737 m	2827 m	2910 m	2970 m
Jahr								
Jahr	661,8							
1.10. 2007- 30.9.2008	661,8	774	702	947	867	986	1000	1447
Verhältnis zu Vent		1,17	1,06	1,43	1,31	1,49	1,51	2,19
Winter								
1.10. 2007 - 31.3.2008	208,5	240	197	300	269	276	262	506
Verhältnis zu Vent		1,16	0,95	1,44	1,29	1,32	1,26	2,43
Sommer								
1.4.2008 - 30.9.2008	453,3	534	505	647	598	710	738	941

4. Der Massenhaushalt von Hintereisferner und Kesselwandferner 2007/2008

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 fand im Haushaltsjahr 2007/2008 im Gegensatz zum Jahr davor kaum Ablation statt. Der Winterbeginn war wenig niederschlagsreich, die Hauptakkumulation fand im Spätwinter statt. Die Ausaperung der Gletscherzunge fand erst Anfang Juni statt. Anfang Jul war die Schneegrenze noch relativ tief gelegen, im Lauf des Juli 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 innerhalb des Massenhaushaltsjahres endete am 15. September.



Abbildung 7: Die Zunge des Hintereisfernens am 15. Mai 2008

Der bisher unterste Pegel 12 wurde durch eine Mure von der Seite zugeschottert, daher gab es dort seit etwa Mitte Juli keine Ablation mehr.

Die mittleren Abschmelzraten beim nunmehr untersten schutfreien Pegel 19 am Zungenende des Hintereisferners betragen im Zeitraum 25.6. - 23.07.08 5,9 cm pro Tag, vom 23.07. - 07.08.08 6,4 cm/d, vom 07.08. bis zum 09.09.08. 5,7 cm/d und vom 09.09. bis zum 29.09.08 1,4 cm pro Tag.

Pegel	WW in cm	Pegel	WW in cm	Pegel	WW in cm
12	-455	68	-245	104	-188
19	-620	69	-264	105	-122
22	-501	70	-204	106	-40
27	-574	71	-230	HE	111
30	-461	72	-213	L10/07	-527
34	-538	73	-204	L10/82	-530
38	-457	74	-282	L3/89	-159
41	-548	76	-220	L4/88	-225
42	-412	79	-207	L5/87	-281
46	-372	92	-207	L6/07	-226
50	-509	93	-155	L6/86	-293
51	-240	94	-38	L7/07	-296
57	-451	95	-146	L7/85	-394
61	-247	96	-144	L8/07	-419
64	-308	98	-137	L9/07	-452

Tabelle 4: Wasserwerte der Ablation und Akkumulation an den Pegeln am Hintereisferner vom 1. 10. 2007 bis 30.9.2008.

Pegel	Höhe in m	WW in cm
L2=A4	3294	57
L3	3255	34
L4=B7	3255	20
L5	3178	-7
L6=C5	3130	-7
L7	3080	-70
L7_03	3080	-70
L8=D4	3039	-149
L10=E2	2802	-481

Tabelle 5: Wasserwerte der Ablation und Akkumulation an den Pegeln am Kesselwandferner vom 1. 10. 2007 bis 30.9.2008.

Die Ergebnisse dieser Messungen sind in Abbildung 6 a) und b) in Form von Isolinien der Wasserwerte dargestellt, die daraus gewonnenen Haushaltswerte sind in den Tabellen 7 und 8 dargestellt.

In Tabellen 6 und 7 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:

$$S = S_C + S_a$$

$$B = B_C + B_a$$

$$b = B / S \quad b_C = B_C / S_C \quad b_a = B_a / S_a$$

Sowohl der Hintereisferner als auch der Kesselwandferner hatten einen negativen Massenhaushalt. Die spezifische Bilanz lag bei beiden Gletschern deutlich unter dem langjährigen Mittel, die Gleichgewichtslinie etwa 200 bzw. dreihundert m über dem langjährigen Mittel, obwohl die Akkumulation im Frühjahr nicht unterdurchschnittlich war.

Höhenstufe m		Fläche km ²	Volumen 10 ³ m ³	Spezifische Bilanz mm	
3750	-	3700	0,005	0,1	22
3700	-	3650	0,023	-0,2	-9
3650	-	3600	0,028	-1,4	-51
3600	-	3550	0,019	1,3	69
3550	-	3500	0,021	2,1	100
3500	-	3450	0,081	2,1	26
3450	-	3400	0,129	2,2	17
3400	-	3350	0,258	36,7	142
3350	-	3300	0,387	63,2	163
3300	-	3250	0,421	-0,6	-1
3250	-	3200	0,464	-24,5	-53
3200	-	3150	0,589	-99,7	-169
3150	-	3100	0,688	-204,7	-298
3100	-	3050	0,687	-388,7	-566
3050	-	3000	0,514	-564,6	-1099
3000	-	2950	0,457	-701,7	-1536
2950	-	2900	0,468	-851,9	-1822
2900	-	2850	0,438	-968,4	-2210
2850	-	2800	0,235	-577,7	-2458
2800	-	2750	0,395	-1058,9	-2680
2750	-	2700	0,27	-938,1	-3475
2700	-	2650	0,205	-915,6	-4471
2650	-	2600	0,184	-856,4	-4651
2600	-	2550	0,1	-514,3	-5157
2550	-	2500	0,035	-204,9	-5873
2500	-	2450	0,001	-5,6	-6250

Tabelle 6 : Die spezifische Massenbilanz am Hintereisferner 2007/2008 nach Höhenstufen und Jahreszeiten. Die spezifischen Bilanzen sind als Wasseräquivalent angegeben: 1mm entspricht 1 kg m⁻². Flächen nach der Karte 2008.

Höhenstufe		Fläche	Gesamtbilanz	Spezifische Bilanz
m		km ²	10 ³ m ³	mm
3500	- 3450	0,021	1,571	74
3450	- 3400	0,026	0,725	28
3400	- 3350	0,044	-4,289	-97
3350	- 3300	0,256	43,582	170
3300	- 3250	0,601	127,431	212
3250	- 3200	0,827	2,922	4
3200	- 3150	0,7	-109,068	-156
3150	- 3100	0,515	-167,463	-325
3100	- 3050	0,403	-280,256	-696
3050	- 3000	0,144	-269,195	-1864
3000	- 2950	0,104	-369,581	-3566
2950	- 2900	0,054	-224,767	-4148
2900	- 2850	0,021	-109,406	-5274
2850	- 2800	0,056	-293,949	-5250
2800	- 2750	0,005	-25,607	-5250

Tabelle 7: Die spezifische Massenbilanz am Kesselwandferner 2007/2008 nach Höhenstufen und Jahreszeiten. Die spezifischen Bilanzen sind als Wasseräquivalent angegeben: 1mm entspricht 1 kg m⁻². Flächen nach neuer Karte 2008.

Die Felsfenster am Kesselwandferner im Bereich des ehemaligen Bruchs und am Hintereisferner im Hinteren Eis und in der Flanke zur Langtaufererspitze wurden deutlich größer. Die Zunge des Kesselwandfernens ist mit dem Hauptgletscher kaum noch verbunden.

Das Eis an der südlichen Flanke des Hintereisfernens scheint, auch wenn es noch an wenigen Stellen mit dem Hauptgletscher verbunden ist, abgekoppelt zu sein und kein nennenswertes Volumen zum Hauptgletscher beizutragen. Das Eis ist stark schuttbedeckt, das genaue Erkennen der Gletschergrenze ist schwierig.

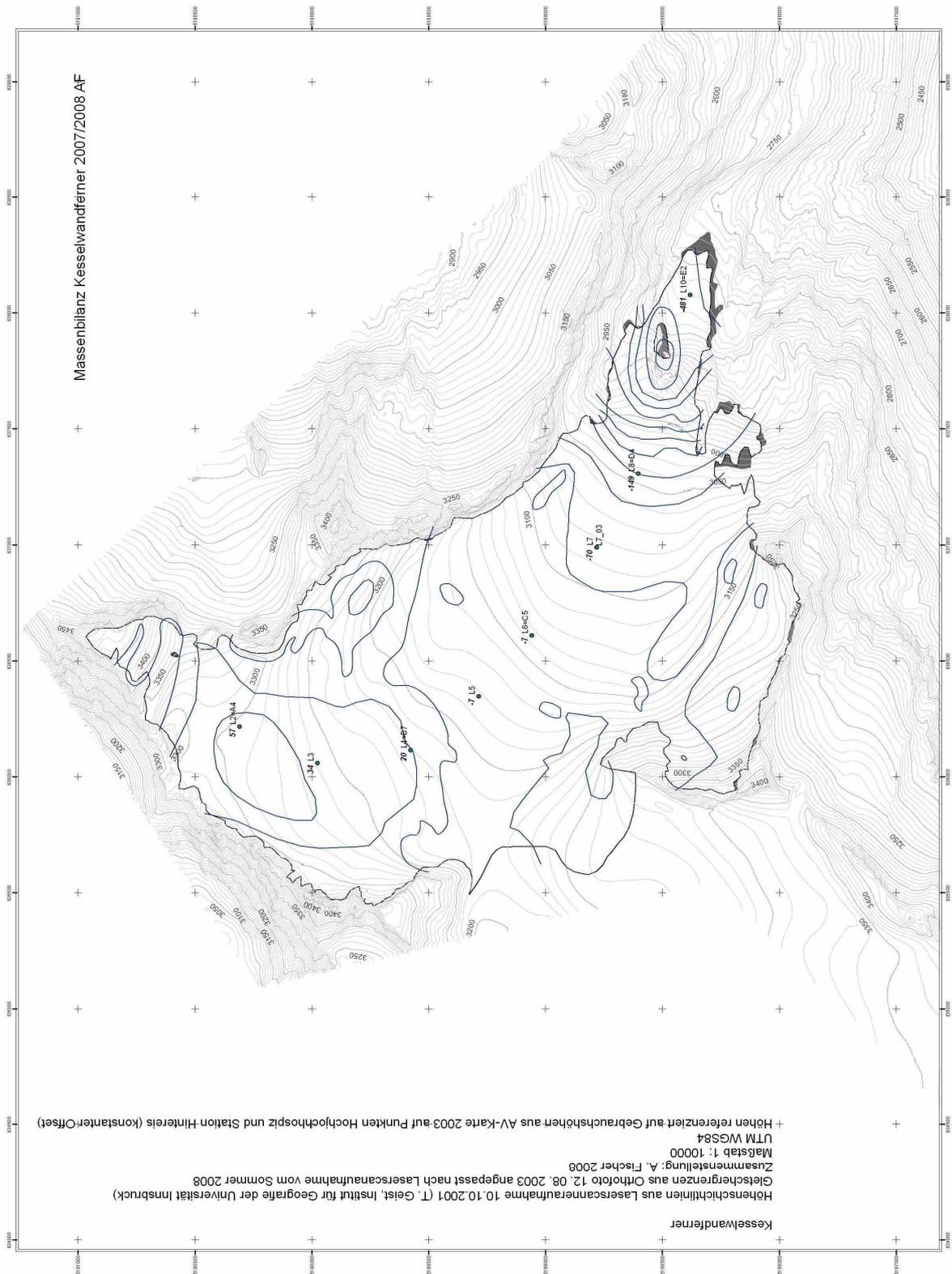


Abbildung 6a): Isolinien des spezifischen Massenhaushaltes am Kesselwandferner in cm Wasseräquivalent, gültig für den 30. 9. 2008.

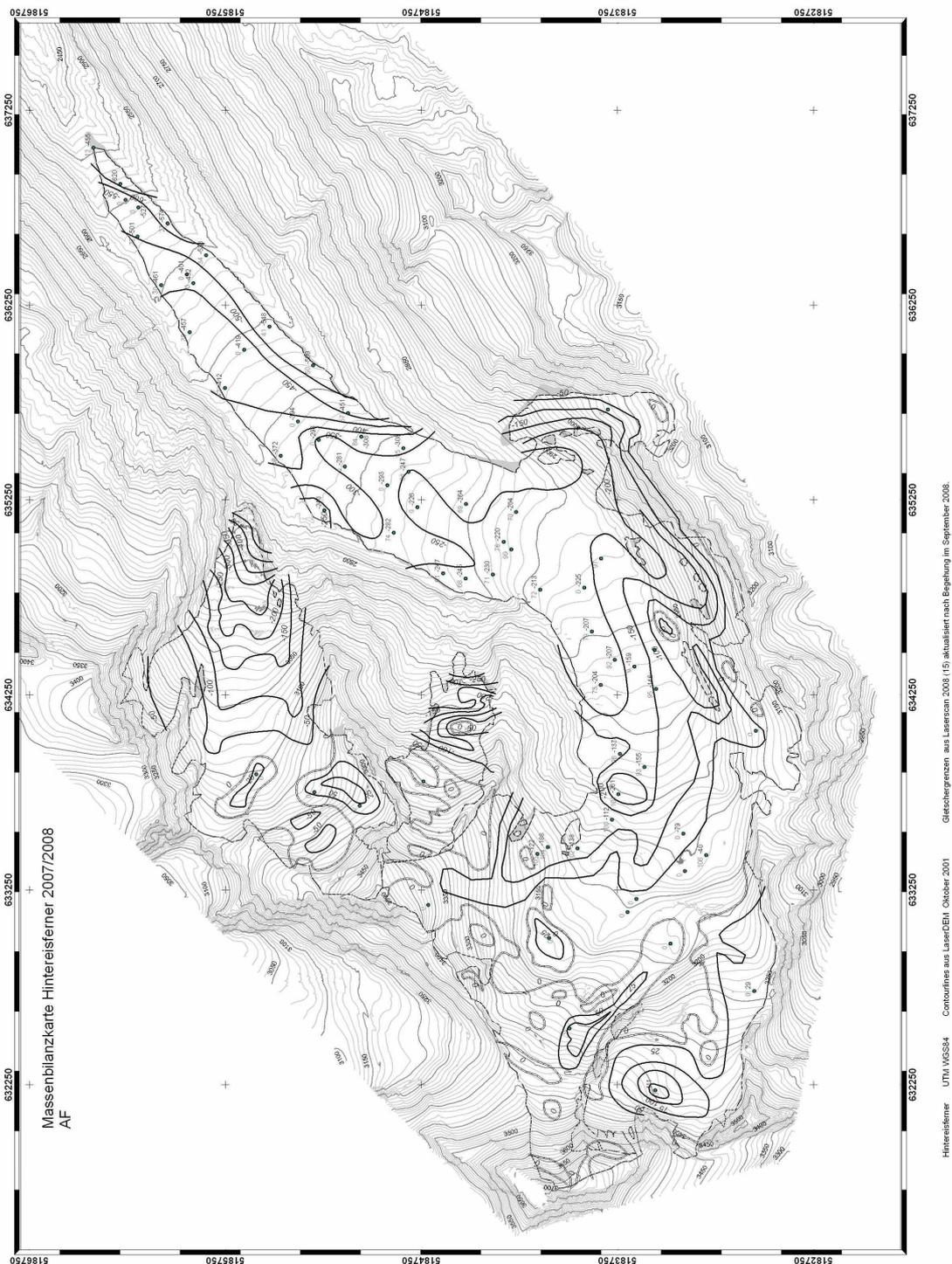


Abbildung 6b): Isolinien des spezifischen Massenhaushaltes am Hintereisferner in cm Wasseräquivalent, gültig für den 30. 9. 2008. Die grauen Flächen waren im Vorjahr (2006/07) noch vergletschert.

Akkumulationsgebiet			Ablationsgebiet		
Sc=	1,551	km ²	Sa=	5,55	km ²
Bc=	354,8	10 ³ m ³	Ba=	-9125,1	10 ³ m ³
bc=	229	mm	ba=	-1644	mm
Jahresbilanz			Flächenverhältnis		
S=	7,101	km ²	Sc/S=	0,218	
B=	-8770,2	10 ³ m ³	Höhe der Gleichgewichtslinie		
b=	-1235	mm	ELA=	3276	m

Tabelle 8a): Kennzahlen der Massenbilanz 2007/2008 des Hintereisferners.

Akkumulationsgebiet			Ablationsgebiet		
Sc=	1,5728	km ²	Sa=	2,206	km ²
Bc=	299,499	10 ³ m ³	Ba=	-1976,847	10 ³ m ³
bc=	190	mm	ba=	-896	mm
Jahresbilanz			Flächenverhältnis		
S=	3,7789	km ²	Sc/S=	0,416	
B=	-1677,348	10 ³ m ³	Höhe der Gleichgewichtslinie		
b=	-444	mm	ELA=	3224	m

Tabelle 8b): Kennzahlen der Massenbilanz 2007/2008 des Kesselwandferners.

Die mittlere Höhe der Gleichgewichtslinie (ELA) wird üblicherweise aus dem Höhenverlauf der spezifischen Jahresbilanz bestimmt, wie sie in Abbildungen 7 a) und b) wiedergegeben sind.

Tabelle 9 zeigt einen Vergleich der Kennzahlen der Massenhaushalte 2007/2008 von Hintereisferner und Kesselwandferner mit dem langjährigen Mittel.

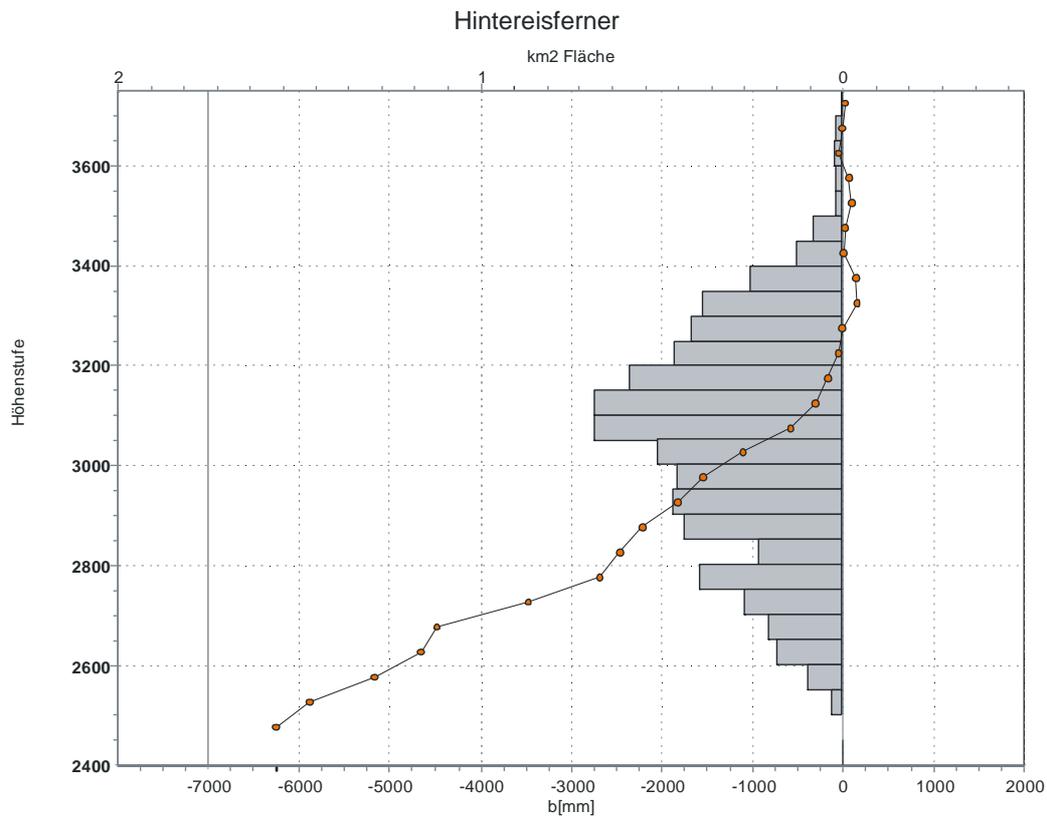


Abbildung 7 a): Die Verteilung der Flächen des Hintereisferners (Balken) und der Flächenmittel der spezifischen Jahresbilanz b (1.10.07 - 30.9.08 Punkte) für 50-m-Höhenstufen.

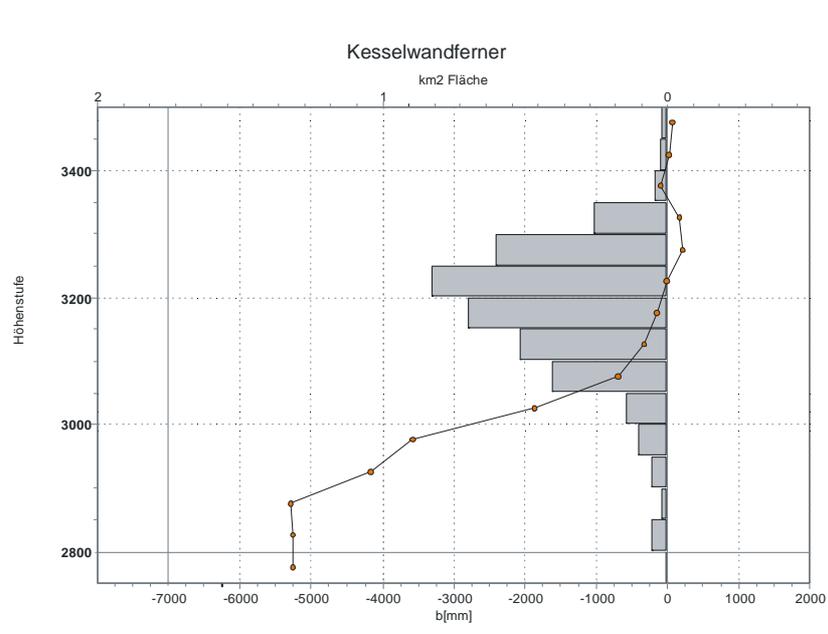


Abbildung 7 b): Die Verteilung der Flächen des Kesselwandferners (Balken) und der Flächenmittel der spezifischen Jahresbilanz b (1.10.07 - 30.9.08 Punkte), für 50-m-Höhenstufen .

Hintereisferner												
1.10. - 30.9.	Nettoakkum.			Nettoabl.			Massenbilanz					
Haushaltsjahr	Sc	Bc	bc	Sa	Ba	ba	S	B	b(mm)	ELA	Sc/S	
2007/2008	1,551	0,355	229	5,55	-9,125	-1644	7,101	-8,770	-1235	3276	0,218	
Mittel 53-06	4,482	2,590		4,491	-6,08		8,974	-4,446	-509	2911	0,493	
Abweichung	-2,931	-2,235		-1,059	-3,042		-1,873	-4,324	-726		-0,275	
Kesselwandferner												
Haushaltsjahr	Nettoakkum.			Nettoabl.			Massenbilanz					Flverh.
	Sc	Bc	bc	Sa	Ba	ba	S	B	b(mm)	ELA	Sc/s	
2007/2008	1,5728	0,300	190	2,206	-1,977	-896	3,779	-1,677	-444	3224	0,416	
Mittel 62-06	2,858	1,679		1,374	-1,871		4,190	-0,291	-68	3131	0,673	
Abweichung	-1,285	-1,379		-0,832	-0,106		-0,411	-1,386	-376		-0,257	

Tabelle 9: Vergleich der Kennzahlen des Massenhaushalts .

5. Mitarbeiter

Die Feldarbeiten wurden von Andrea Fischer, Jakob Abermann, Marc Olefs, Kay Helfricht, Heralt Schneider, Martin Stocker, Gunther Kolar und vielen anderen durchgeführt, die Analyse und der Bericht stammen von Andrea Fischer.