

KESSELWANDFERNER

MASSENHAUSHALT 2012/2013



Jahresbericht
des Vereines Gletscher-Klima

PD.DR. ANDREA FISCHER

29.10.2014

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 2012/2013.

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkung	2
2	Das Untersuchungsgebiet	2
3	Methoden	5
3.1	Massenhaushalt	5
3.2	Klima	7
4	Witterungsverlauf 2012/2013	8
4.1	Der Winter 2012/2013	12
4.2	Der Sommer 2013	12
5	Der Massenhaushalt des Kesselwandfenners 2012/2013	13
5.1	Messwerte	13
5.2	Auswertung	15
5.3	Endergebnis	17
5.4	Vergleich mit den Messwerten seit 1952/53	19
6	Team	23
7	Anhang	24

1 Vorbemerkung

Der Auftrag für die Erstellung des Massenhaushaltes 2012/2013 am Kesselwandferner wurde im Juli 2014 erteilt, somit konnten für das Haushaltsjahr 2012/13 nur Daten verwendet werden, die im Zuge der Geschwindigkeitsmessungen erhoben wurden. Durch den frühen Zeitpunkt der maximalen Ausaperung (Mitte August 2013) und die regelmässigen Neuschneefälle nach diesem Termin ist auch ex post wenig Material aus Fotoflügen vorhanden. Trotz dieser organisatorischer Limitierung des Datenmaterials wurde eine Bilanz analog zu der der letzten Jahrzehnte erstellt. Ein Schneeschacht aus dem Jahr 2012 gab Aufschluss über den Dichte am Ende des vorigen Haushaltsjahres.

2 Das Untersuchungsgebiet

Der Kesselwandferner entwässert 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. Der Kesselwandferner wird schon seit vielen Jahrzehnten glaziologisch untersucht. Die seit 1952/53 erhobene Massenbilanzreihen zählt zu den längsten weltweit. Im Jahr 1964 hat Dr. Heralt Schneider im Rahmen seiner Dissertation (Schneider, 1970) eine Messreihe der horizontalen und vertikalen Fliessgeschwindigkeiten initiiert, die seither jährlich durchgeführt wird. Nach der Pensionierung von Heralt Schneider wurde diese Messreihe mit Mitteln der Kommission für geophysikalische Forschungen der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (Prof. Michael Kuhn) fortgeführt. Nach deren Auflösung im Jahr 2012 ist der Verein Gletscher und Klima (www.gletscher-klima.at) Träger dieser Messreihe. Die Fliessgeschwindigkeiten werden an den Pegeln eines Längsprofiles gemessen, die immer wieder in die Ausgangsposition zurückgesetzt werden. Die Höhenänderungen an den Profilen werden nicht in diesem Bericht angeführt, da hier die glaziologische Methode zur Bestimmung des Haushaltes verwendet wurde. Die Profile werden gesondert publiziert (Abermann et al., 2007). Im Jahr 2012 ist in Folge der seit der Jahrtausendwende negativen Massenbilanzen die Zunge des Kesselwandfernners an der Geländekante zum Plateau abgerissen. Damit sind die bisherigen Hauptablationsflächen nicht mehr vergletschert, der Massenverlust reduziert sich damit bei gleichem Klima deutlich, da ein großer Teil des Ablationsgebietes wegfällt. Im Jahr 2012 mussten auch die Längenmessungen des Oesterreichischen Alpenvereines vorübergehend eingestellt werden, da das derzeitige Gletscherende nur schwer zugänglich ist (<http://www.alpenverein.at/portal/service/presse/2013/gletscherbericht.php>, sowie Fischer (2012)).

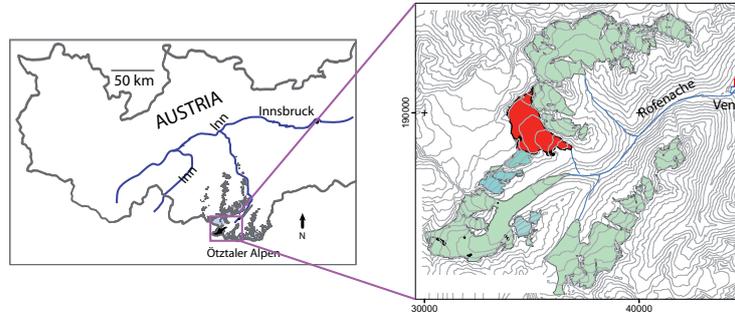


Abbildung 1: Das Untersuchungsgebiet: Der Kesselwandferner im Einzugsgebiet der Rofenache (rot), Ötztaler Alpen, Tirol, Österreich mit den umgebenden Gletschern des Rofentales (blau).

		Kesselwandferner	
Fläche im Jahr	1969	3,94	km ²
	1997	4,26	km ²
	2007	3,82	km ²
Höchster Punkt	2010	3497	m
Tiefster Punkt	2010	2790	m

Tabelle 1: Topographische Kennzahlen des Kesselwandfernens 1969, 1997 und 2010.

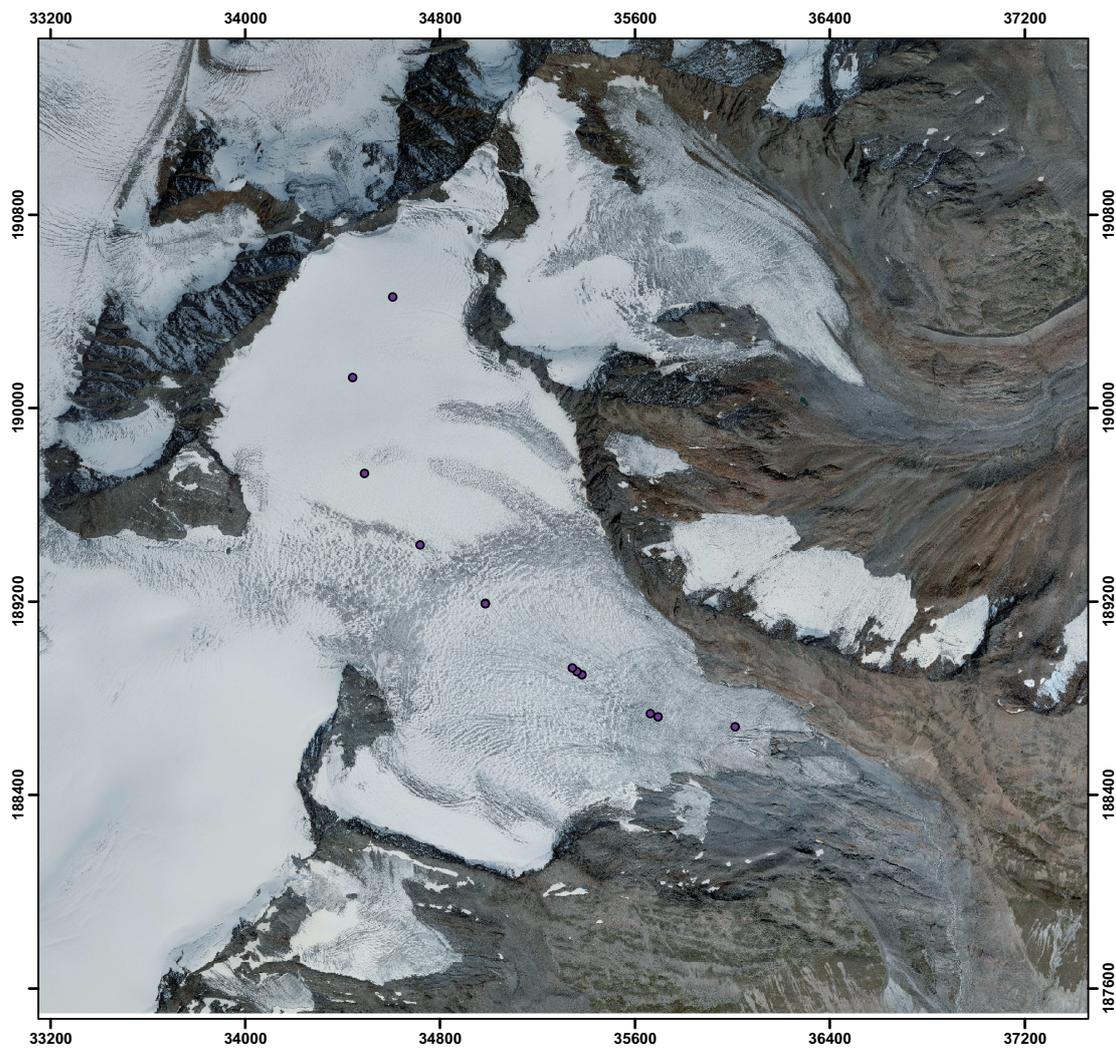


Abbildung 2: Orthofoto 2010 (zur Verfügung gestellt vom Tiris Dienst des Amtes der Tiroler Landesregierung) mit Pegelpositionen im Jahr 2013.

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 Kesselwandferner sind in der Abbildung 3 dargestellt. Die Messung des Massenhaushaltes wird wie von Hoinkes (1970) beschrieben durchgeführt. Am Kesselwandferner werden wie in Fischer und Markl (2009) und Schneider (1970) beschrieben die Höhenänderungen aufgrund Ablation/Akkumulation die Ende August bzw. Anfang September gemessen. Diese werden mit Daten des Hintereisferners in Bilanzwerte umgerechnet und auf des Ende des Haushaltsjahres extrapoliert. Die gemessenen Punktwerte werden dann mithilfe der aus der langjährigen Beobachtungen der Ablationsmuster gewonnenen Information über die Akkumulations- und Ablationsmuster räumlich interpoliert. Die Persistenz der Muster wurde schon von Blöschl allgemein gezeigt und kürzlich von Helfricht et al. (2012) bestätigt.

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

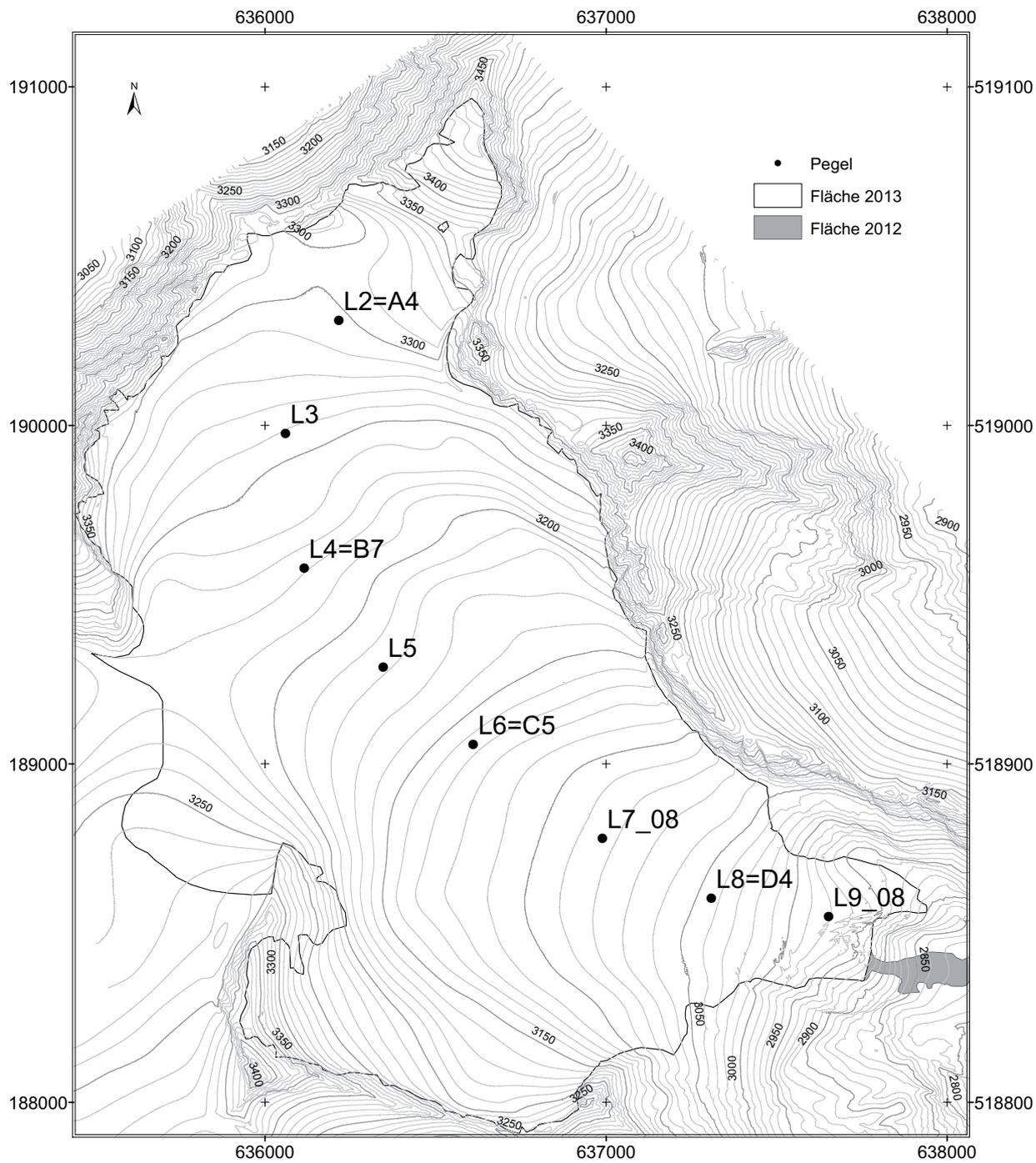


Abbildung 3: Messstellen am Kesselwandferner im Haushaltsjahr 2012/2013.

spezifischer Massenbilanz b und spezifischer Winterbilanz b_{wi} berechnet.

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

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

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

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 Vent (1906 m).

4 Witterungsverlauf 2012/2013

Die Mitteltemperatur von 2,1 °C des hydrologischen Jahres 01.10.2012 - 30.09.2013 lag 0,5 °C über dem Mittel 1906 - 2005. Der Niederschlag von 886 mm im Jahr 2012/2013 lag um 209 mm, also etwa 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 4 dargestellt. Abbildungen 5 und 6 zeigen die Abweichung des Monatsniederschlages und des Monatsmittels der Temperatur vom Mittel 1971-2000 für ganz Österreich (Quelle: zamg.ac.at).

Monat	Temperatur °C			Niederschlag mm		
	2012/13	1906-2005	Δ	2012/13	1906-2005	Δ
Oktober	4,0	3,1	0,9	83	52	31
November	0,1	-2,3	2,4	88	50	38
Dezember	-6,1	-5,5	-0,6	52	40	12
Januar	-6,0	-6,7	0,7	80	38	42
Februar	-9,3	-6,1	-3,2	66	35	31
März	-3,6	-3,2	-0,4	27	38	-11
April	2,2	0,2	2,0	58	43	15
Winter	-2,7	-2,9	0,2	454	296	158
Mai	4,2	4,9	-0,7	130	62	68
Juni	8,6	8,1	0,5	71	79	-8
Juli	12,8	9,9	2,9	44	87	-43
August	11,2	9,5	1,7	117	91	26
September	7,3	6,9	0,4	70	62	8
Sommer	8,8	7,9	0,9	432	381	51
Jahr	2,1	1,6	0,5	886	677	209

Tabelle 2: Klimadaten 2012/2013 an der Station Vent. Die qualitätskontrollierten Daten wurden vom Hydrographischen Dienst der Abteilung Wasserwirtschaft des Amtes der Tiroler Landesregierung zur Verfügung gestellt. Δ ... Abweichung des Haushaltsjahres vom langjährigen Mittel 1906-2005.

Abweichung der Werte 2012/13 vom langjährigen Mittel 1906- 2005 der Station Vent

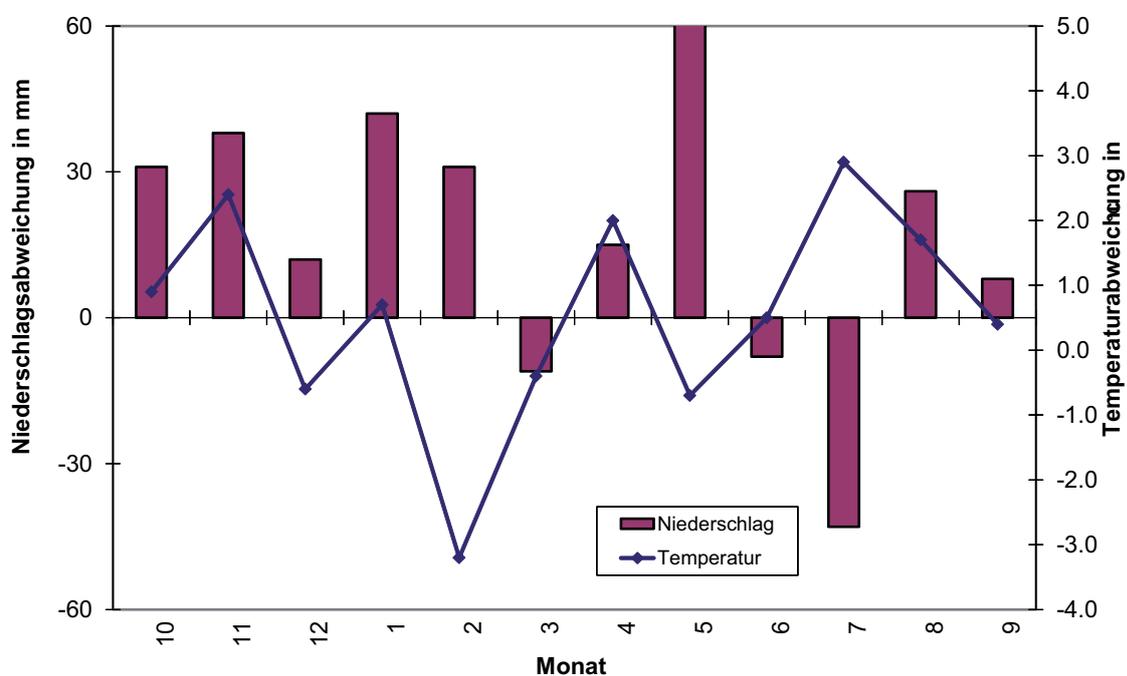


Abbildung 4: Abweichung der Klimawerte der Temperatur und des Niederschlags für das Jahr 2012/2013 an der Station Vent vom langjährigen Mittel 1906-2005.

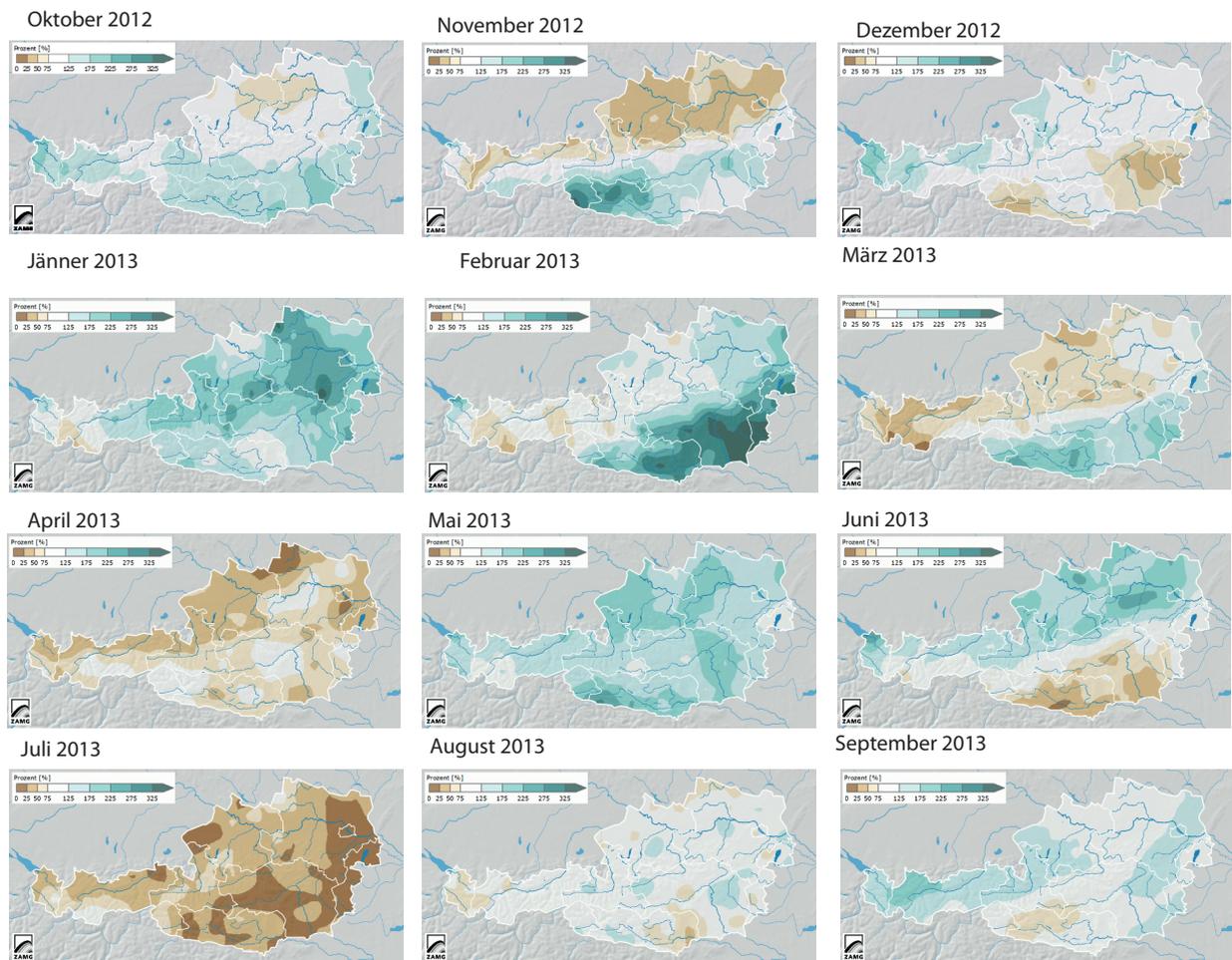


Abbildung 5: Übersicht der Abweichungen der Monatssumme des Niederschlages vom lang-jährigen Mittel 1971-2000. Die Abbildungen werden von der ZAMG unter www.zamg.ac.at zur Verfügung gestellt.

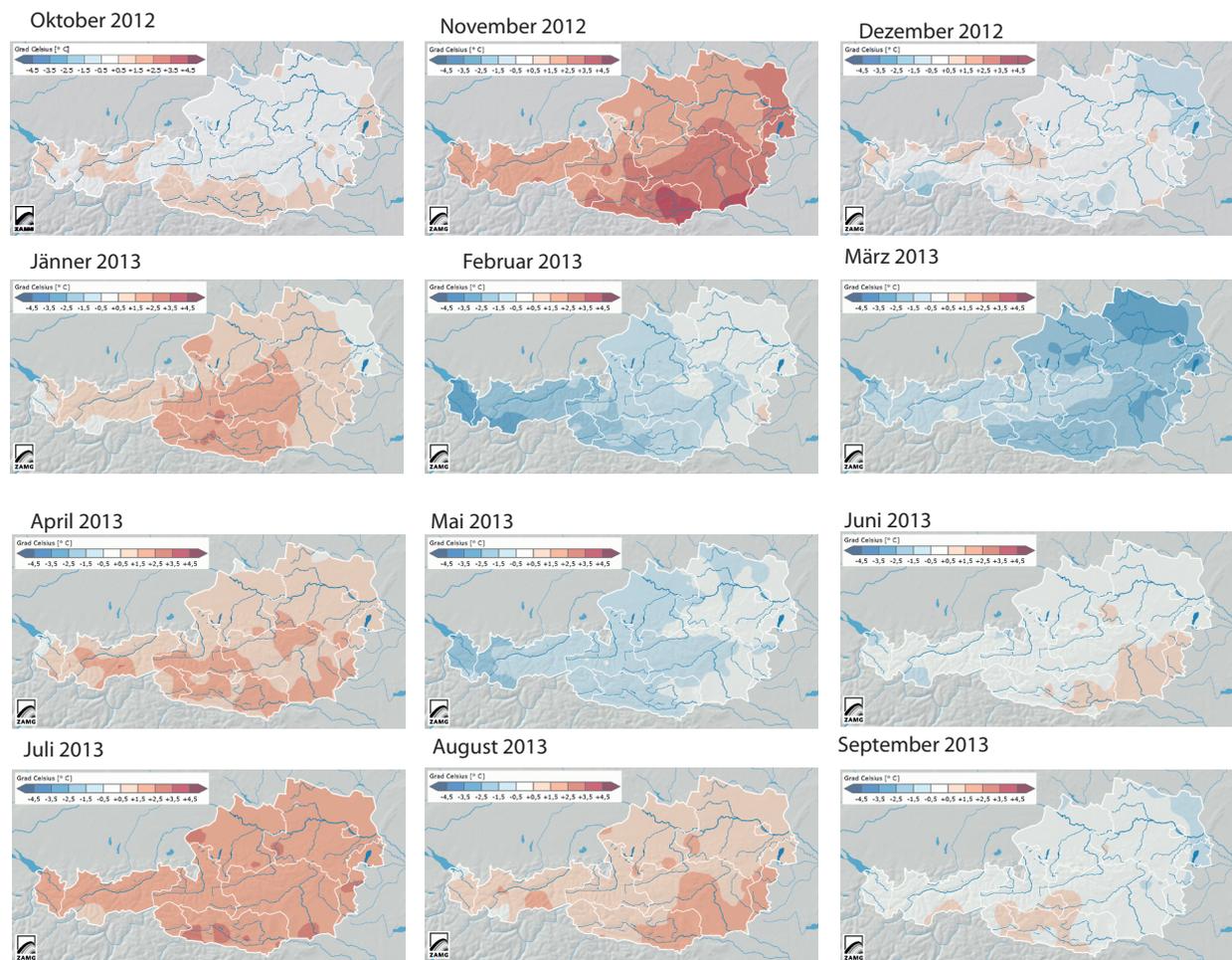


Abbildung 6: Übersicht der Abweichungen der mittleren Monatstemperatur vom langjährigen Mittel 1971-2000. Die Abbildungen werden von der ZAMG unter www.zamg.ac.at zur Verfügung gestellt.

4.1 Der Winter 2012/2013

Wie in Tabelle 2 angeführt, lag die Temperatur des Winters 2012/2013 (Oktober - April) mit $-2,7^{\circ}\text{C}$ um $0,2^{\circ}\text{C}$ über dem Mittelwert 1906-2005 ($-2,9^{\circ}\text{C}$). Deutlich zu warm waren der Oktober, November, Jänner und der April, negative Abweichungen zeigten der Dezember, Februar und März. Die Niederschlagsmenge lag mit 454 mm um 158 mm über dem langjährigen Mittelwert 1906-2005 von 296 mm und war damit ähnlich hoch wie im Vorjahr. Alle Monate bis auf den März zeigten deutlich positive Abweichungen. Die Witterung des Winters 2012/2013 war durch häufige Südströmungen gekennzeichnet.

4.2 Der Sommer 2013

Der Sommer 2013 war gegenüber dem langjährigen Mittel von 1906-2005, wie schon die vorigen Haushaltsjahre, zu warm und zu feucht. Die Mitteltemperatur des Sommers 2013 (Mai bis September) betrug $8,8^{\circ}\text{C}$ und war um $0,9^{\circ}\text{C}$ wärmer als im langjährigen Mittel ($7,9^{\circ}\text{C}$). Bis auf den Mai waren alle Sommermonate deutlich zu warm. Besonders warm war der Juli mit einer Abweichung von $2,9^{\circ}\text{C}$. Der Sommer 2013 war mit 432 mm Niederschlag feuchter als das langjährige Mittel von 381 mm. Besonders überdurchschnittlich war der Niederschlag im Mai 2013, der etwa das doppelte des langjährigen Mittels betrug. Deutlich mehr Niederschlag als im langjährigen Mittel fiel auch noch im Juli, in dem aus auch zu einigen Murgängen kam.

5 Der Massenhaushalt des Kesselwandferners 2012/2013

Die zur Bestimmung des Massenhaushaltes nötigen Feldarbeiten und Kontrollmessungen wurden an den in Tabelle 3 angeführten Tagen von Mitgliedern des Vereins Gletscher und Klima und des Gletschermessdienstes des OeAV durchgeführt.

Messkampagnen
07. und 08.09.2012
22.08.2013
04.09.2013

Tabelle 3: Feldmessungen am Kesselwandferner.

5.1 Messwerte

Die Jahreswerte der Pegel sind in Tabelle 4 wiedergegeben. Sie sind aus den Pegelablesungen am Kesselwandferner unter Berücksichtigung der Extrapolation des vorjährigen Haushaltsjahres auf das Haushaltsjahr 2012/13 gerechnet. Dabei werden sowohl Änderungen der Schneedecke als auch die Ablation nach der Ablesung abgeschätzt. Durch die späte Beauftragung (Juli 2014 für das Haushaltsjahr 2012/2013) konnten keine eigenen Messungen am Kesselwandferner am Ende des Haushaltsjahres durchgeführt werden, aus diesem Grund wurden die im Bericht des IMGI der UIBK für das Haushaltsjahr 2012/2013 genannten Ablationswerte für zwischen 08.09.2013 und 13. 09.2013 herangezogen, ebenso wie die Neuschneehöhe nach 04.09. an den Schächten. Die Dichte am Ende des Haushaltsjahres 2012 ist aus einem Schacht bekannt (Abbildung 7). Der mögliche Fehler, der durch diese Annahmen maximal entstehen kann, ist durch die geringen Massenumsätze nach dem Begehungstermin auf wenige Prozent der Gesamtbilanz beschränkbar. Für die Umrechnung der Änderung der Differenz der freien Enden auf Massenumsätze wurden eigene Dichtemessungen am Kesselwandferner und die bei der Geschwindigkeitsmessung erhobenen Information zur Art der Oberfläche (Schnee, Firn, Eis) verwendet.

Pegel	Höhe in m	WW in cm
L2=A4	3294	126,40
L3	3256	104,50
L4=B7	3218	104,90
L5	3179	56,40
L6=C5	3131	24,30
L7	3080	3,90
L8=D4	3039	-80,70
L9 ₀₈	2968	-334,90

Tabelle 4: Wasserwerte (WW) der Ablation an den Pegeln am Kesselwandferner vom 01. 10. 2012 bis 30.09.2013.



Abbildung 7: Schneeschacht am Kesselwandferner am 05.09.2012. Die mittlere Dichte im Schacht beträgt 533 kg/m^3

5.2 Auswertung

Aus den Messwerten an den Pegeln wurde die Massenbilanzkarte des Kesselwandferners interpoliert (Abbildung 8), die die Flächen gleicher Massenbilanz wiedergibt. Die für die einzelnen Höhenzonen aus dieser Karte berechneten Haushaltswerte sind in der Tabelle 5 zusammengefasst. Durch den Entfall der Flächen unterhalb des Eisbruches ist die Ablation deutlich verringert. Die alljährlich durch die Schneedrift entstehenden Bereiche mit weniger Akkumulation sind im Jahr 2013 gerade nicht schneefrei geworden.

H	A in km^2	B in 10^3m^3	b in mm w.e.
3500	0,021	10,605	500
3450	0,026	13,097	500
3400	0,044	14,238	323
3350	0,256	169,685	662
3300	0,599	497,946	832
3250	0,827	648,479	784
3200	0,700	361,636	516
3150	0,513	115,514	225
3100	0,393	-64,39	-164
3050	0,126	-84,445	-671
3000	0,076	-153,353	-2007
2950	0,027	-44,755	-1688

Tabelle 5: Nettobilanz und die spezifische Massenbilanz am Kesselwandferner 2012/2013 nach Höhenstufen. Die spezifischen Bilanzen sind als Wasseräquivalent angegeben: 1 mm entspricht 1 kg m^{-2} . Die Massenbilanz wurde aus der Flächen nach dem Ende des Haushaltsjahres 2012 berechnet (= Fläche Haushaltsjahr 2013 im Pegelplan). H...Höhenstufe, A...Fläche, B... Bilanz, b...spezifische Bilanz.

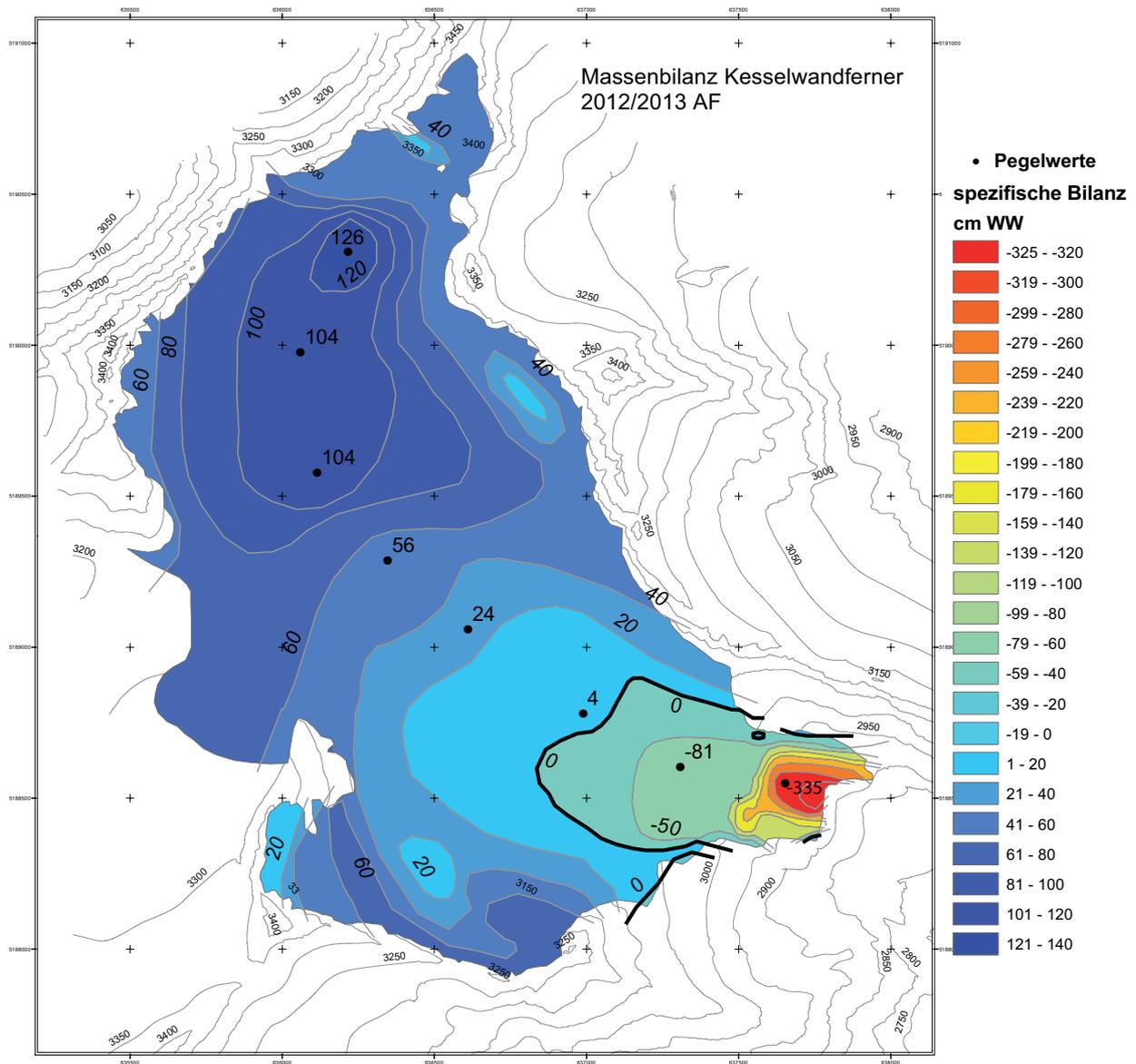


Abbildung 8: Isolinien des spezifischen Massenhaushaltes am Kesselwandferner in cm Wasseräquivalent, gültig für den 30.09.2013. Schwarze Linie: $b=0$ mm w.e.

5.3 Endergebnis

Aus den Werten für die verschiedenen Höhenzonen ergibt sich das vertikale Profil der spezifischen Massenbilanz (Abbildung 9) und die Kennzahlen der Massenbilanz für den Gesamtgletscher (Tabelle 6). Die spezifische Massenbilanz des Haushaltsjahres 2012/13 ist mit +411 mm w.e. erstmals seit dem Haushaltsjahr 2001/2002 wieder deutlich positiv. Die Gleichgewichtslinie lag auf einer Höhe von 3093 m.

Kesselwandferner		
$S_c=$	3,2148	km^2
$B_c=$	1861,595	10^3m^3
$b_c=$	579	mm
$S_a=$	0,3936	km^2
$B_a=$	-377,339	10^3m^3
$b_a=$	-959	mm
$S=$	3,6084	km^2
$B=$	1484,256	10^3m^3
$b=$	411	mm
$S_c/S=$	0,891	
ELA	3093	m

Tabelle 6: Kennzahlen der Massenbilanz 2012/2013 des Kesselwandferners.

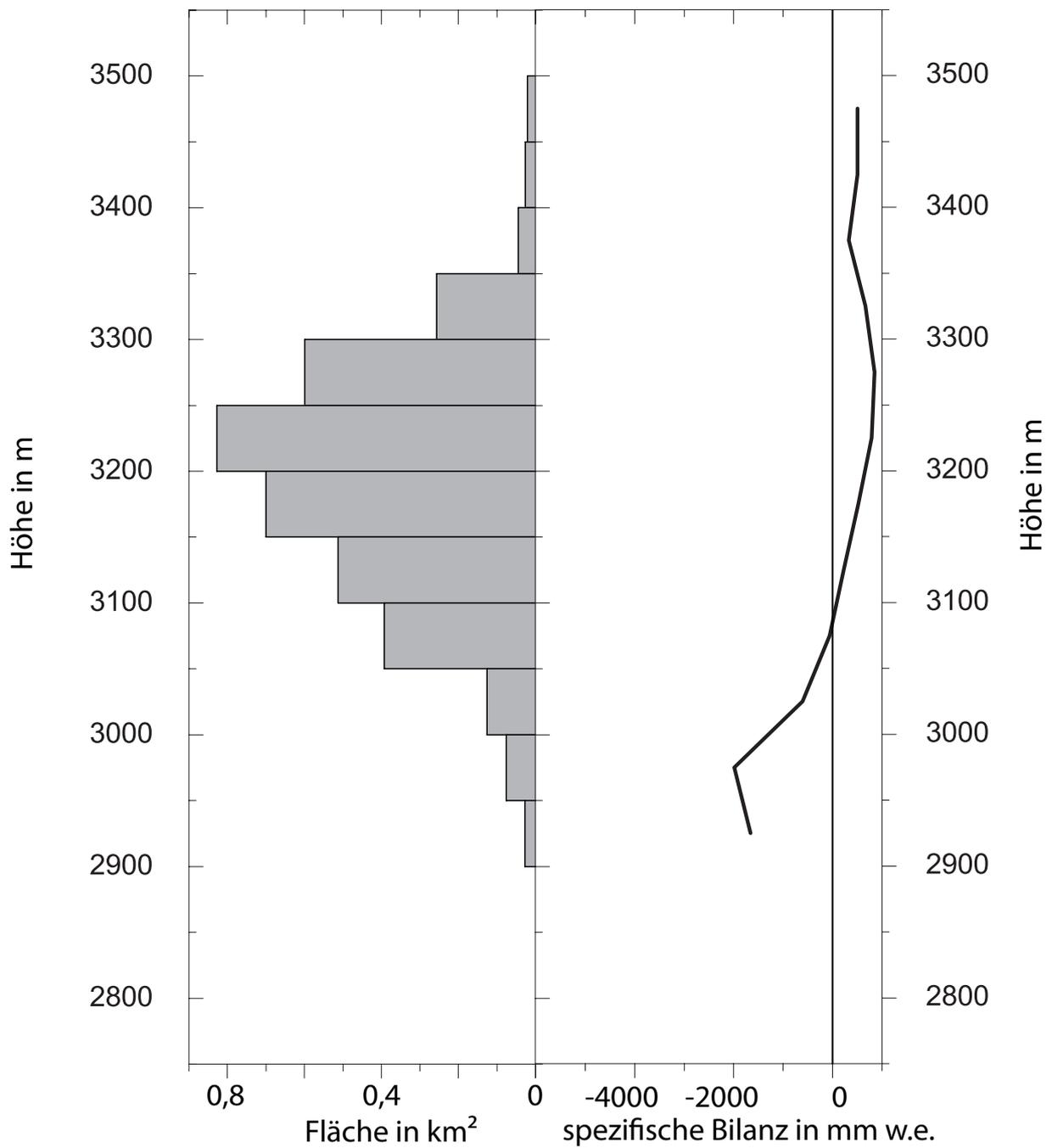


Abbildung 9: Die Verteilung der Flächen des Kesselwandferners (graue Balken) und der Flächenmittel der spezifischen Jahresbilanz b (01.10.2012 - 30.09.2013, schwarze Linie) für 50-m-Höhenstufen.

5.4 Vergleich mit den Messwerten seit 1952/53

Die Massenhaushaltswerte seit Messbeginn sind auf der Pangaea-datenbank des Alfred-Wegener Insitutes für Polar- und Meeresforschung veröffentlicht Fischer et al. (2013) und in Tabelle 7 sowie Abbildung 10 dargestellt. Das Haushaltsjahr 2012/2013 ist, bedingt durch die etwas höhere Winterakkumulation, den kühlen und niederschlagsreichen Mai und den Verlust der Ablationsflächen an der Gletscherzunge das erste deutlich positive Jahr seit der Jahrtausendwende.

Tabelle 7: Langjährige Werte der Massenbilanz des Kesselwandfermers. **** ... Gleichgewichtslinie über Gipfelniveau.

<i>Jahr</i>	S_c km^2	B_c $10^6 m^3$	b_c mm w.e.	S_a km^2	B_a $10^6 m^3$	b_a mm w.e.	S km^2	B $10^6 m^3$	b mm w.e.	ELA m	S_c/S
1952/1953	2,49	1,10	442	1,57	2,88	1834	4,06	-1,78	-438	3140	0,61
1953/1954	2,79	1,78	638	1,27	2,29	1803	4,06	-0,51	-126	3110	0,69
1954/1955	3,24	2,63	812	0,82	1,63	1988	4,06	1,00	246	3070	0,80
1955/1956	3,17	2,84	896	0,89	1,66	1865	4,06	1,18	291	3080	0,78
1956/1957	3,22	2,12	658	0,84	1,64	1952	4,06	0,48	118	3070	0,79
1957/1958	2,49	1,10	442	1,57	2,88	1834	4,06	-1,78	-438	3140	0,61
1958/1959	2,40	0,99	413	1,66	3,25	1958	4,06	-2,26	-557	3150	0,59
1959/1960	3,22	2,12	658	0,84	1,64	1952	4,06	0,48	118	3070	0,79
1960/1961	3,17	2,76	871	0,89	1,66	1865	4,06	1,10	271	3080	0,78
1961/1962	2,53	1,18	466	1,53	2,87	1876	4,06	-1,69	-416	3140	0,62
1962/1963	2,53	1,22	482	1,53	2,87	1876	4,06	-1,65	-406	3140	0,62
1963/1964	2,44	1,04	426	1,62	3,22	1988	4,06	-2,18	-537	3150	0,60
1964/1965	3,47	5,18	1493	0,59	0,96	1627	4,06	4,22	1039	3000	0,85
1965/1966	3,31	4,20	1269	0,75	1,79	2387	4,06	2,41	594	3040	0,82
1966/1967	3,28	3,03	924	0,66	1,86	2818	3,94	1,17	297	3070	0,83
1967/1968	3,37	3,35	994	0,57	1,52	2667	3,94	1,83	464	3050	0,86
1968/1969	3,06	1,68	549	0,88	2,28	2591	3,94	-0,60	-152	3090	0,78
1969/1970	3,10	2,07	668	0,84	2,05	2440	3,94	0,02	5	3080	0,79
1970/1971	3,20	1,78	556	0,74	1,61	2176	3,94	0,17	43	3070	0,81
1971/1972	3,36	2,17	646	0,58	0,72	1241	3,94	1,45	368	3020	0,85
1972/1973	2,68	0,76	284	1,58	2,39	1513	4,26	-1,63	-383	3150	0,63
1973/1974	3,69	3,20	867	0,57	0,76	1333	4,26	2,44	573	3060	0,87

Tabelle 7: Langjährige Werte der Massenbilanz des Kesselwandfermers. **** ... Gleichgewichtslinie über Gipfelniveau.

<i>Jahr</i>	S_c km^2	B_c $10^6 m^3$	b_c mm w.e.	S_a km^2	B_a $10^6 m^3$	b_a mm w.e.	S km^2	B $10^6 m^3$	b mm w.e.	ELA m	S_c/S
1974/1975	3,65	2,94	805	0,61	1,37	2246	4,26	1,57	369	3070	0,86
1975/1976	3,46	1,67	483	0,83	1,83	2205	4,28	-0,16	-37	3080	0,81
1976/1977	3,73	4,13	1107	0,55	1,13	2055	4,28	3,00	701	3060	0,87
1977/1978	3,49	2,96	848	0,89	1,11	1247	4,38	1,85	422	3080	0,80
1978/1979	3,31	1,89	571	1,12	1,59	1420	4,42	0,30	68	3100	0,75
1979/1980	3,49	2,33	668	0,95	1,61	1695	4,44	0,72	162	3080	0,79
1980/1981	3,46	2,13	616	0,99	1,41	1424	4,45	0,72	162	3085	0,78
1981/1982	1,45	0,42	290	2,90	3,18	1097	4,45	-2,76	-620	3250	0,34
1982/1983	2,95	1,03	349	1,50	1,84	1227	4,45	-0,81	-182	3120	0,66
1983/1984	3,44	2,27	660	1,00	1,48	1480	4,44	0,79	178	3070	0,78
1984/1985	3,34	1,44	431	1,11	1,48	1333	4,45	-0,04	-9	3100	0,75
1985/1986	2,33	0,50	215	2,11	2,70	1280	4,44	-2,20	-495	3160	0,52
1986/1987	2,90	1,01	348	1,54	2,09	1357	4,44	-1,08	-243	3120	0,65
1987/1988	2,57	0,85	331	1,87	2,02	1080	4,44	-1,17	-264	3150	0,56
1988/1989	2,92	1,07	366	1,52	1,74	1145	4,44	-0,67	-151	3120	0,66
1989/1990	2,64	0,82	311	1,79	1,99	1112	4,43	-1,17	-264	3130	0,60
1990/1991	0,95	0,09	95	3,49	3,86	1106	4,43	-3,77	-851	****	0,21
1991/1992	2,28	0,64	281	2,15	2,47	1149	4,43	-1,83	-413	3160	0,51
1992/1993	3,15	1,42	451	1,25	1,75	1400	4,41	-0,33	-75	3105	0,71
1993/1994	1,44	0,25	174	2,94	3,87	1316	4,37	-3,62	-828	3240	0,33
1994/1995	3,36	1,79	534	0,93	1,17	1262	4,29	0,62	144	3080	0,78
1995/1996	2,64	0,97	368	1,65	1,31	797	4,29	-0,34	-79	3140	0,62

Tabelle 7: Langjährige Werte der Massenbilanz des Kesselwandfermers. **** ... Gleichgewichtslinie über Gipfelniveau.

<i>Jahr</i>	S_c km^2	B_c $10^6 m^3$	b_c mm w.e.	S_a km^2	B_a $10^6 m^3$	b_a mm w.e.	S km^2	B $10^6 m^3$	b mm w.e.	ELA m	S_c/S
1996/1997	3,14	1,06	339	1,12	1,02	906	4,26	0,05	11	3120	0,74
1997/1998	0,77	0,29	379	3,47	2,85	821	4,24	-2,56	-604	3235	0,18
1998/1999	3,01	1,01	336	1,17	1,06	903	4,18	-0,05	-12	3125	0,72
1999/2000	3,10	1,68	544	1,07	1,10	1027	4,17	0,59	140	3120	0,74
2000/2001	3,53	2,69	761	0,51	0,57	1122	4,04	2,12	524	3063	0,87
2001/2002	3,03	1,13	373	1,01	1,06	1050	4,04	0,07	17	3120	0,75
2002/2003	0,00	0,00	0	3,94	6,09	1546	3,94	-6,09	-1546	****	0,00
2003/2004	2,38	0,65	27	1,52	1,38	91	3,91	-0,74	-189	3157	0,61
2004/2005	2,60	0,93	357	1,31	1,15	883	3,90	-0,23	-59	3136	0,66
2005/2006	1,26	0,31	248	2,59	2,69	1037	3,85	-2,37	-617	3233	0,33
2006/2007	0,82	0,21	256	3,00	3,40	1134	3,82	-3,19	-836	3280	0,21
2007/2008	1,57	0,30	190	2,21	1,98	896	3,78	-1,68	-444	3224	0,42
2008/2009	1,02	0,15	148	2,69	3,11	1153	3,72	-2,95	-795	3252	0,28
2009/2010	2,37	0,79	336	1,29	1,16	895	3,66	-0,36	-99	3158	0,65
2010/2011	0,96	0,10	100	2,70	2,55	943	3,66	-2,45	-670	3266	0,26
2011/2012	0,57	0,06	100	3,06	-3,06	-1000	3,63	-3,01	-828	****	0,16
2012/2013	3,21	1,86	579	0,39	-0,38	-959	3,61	1,48	411	3093	0,89
Mittelwert	2,66	1,55	509	1,46	1,85	1383	4,12	-0,43	-106	3122	0,64
Abweichung 2013	0,55	0,31	70	-1,07	-2,23	-2342	-0,51	1,91	517	-29	0,25

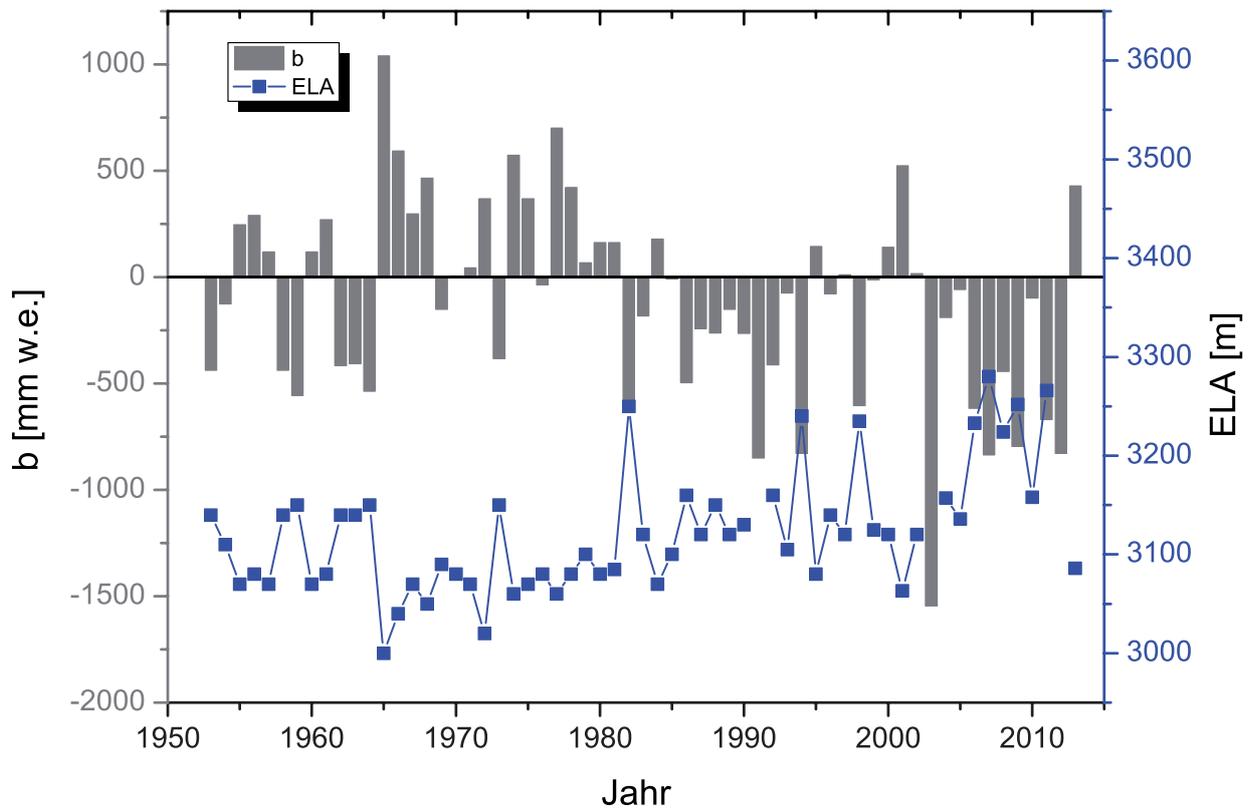


Abbildung 10: Spezifische Bilanz und Höhe der Gleichgewichtslinie am Kesselwandferner seit 1952/53.

6 Team

Die Feldarbeiten am Kesselwandferner wurden vom Verein Gletscher und Klima (PD. Dr. Andrea Fischer, Mag. Martin Stocker-Waldhuber, und Elke Lemmerer mit Unterstützung des Gletschermessdienstes des Oesterreichischen Alpenvereines (Dr. Norbert Span) durchgeführt. Die Analyse und der Bericht stammen von PD. Dr. Andrea Fischer und Gerhard Markl.

7 Anhang



Abbildung 11: Panorama des Kesselwandferners am 04.09.2013



Abbildung 12: Kesselwandferner im September 2013.

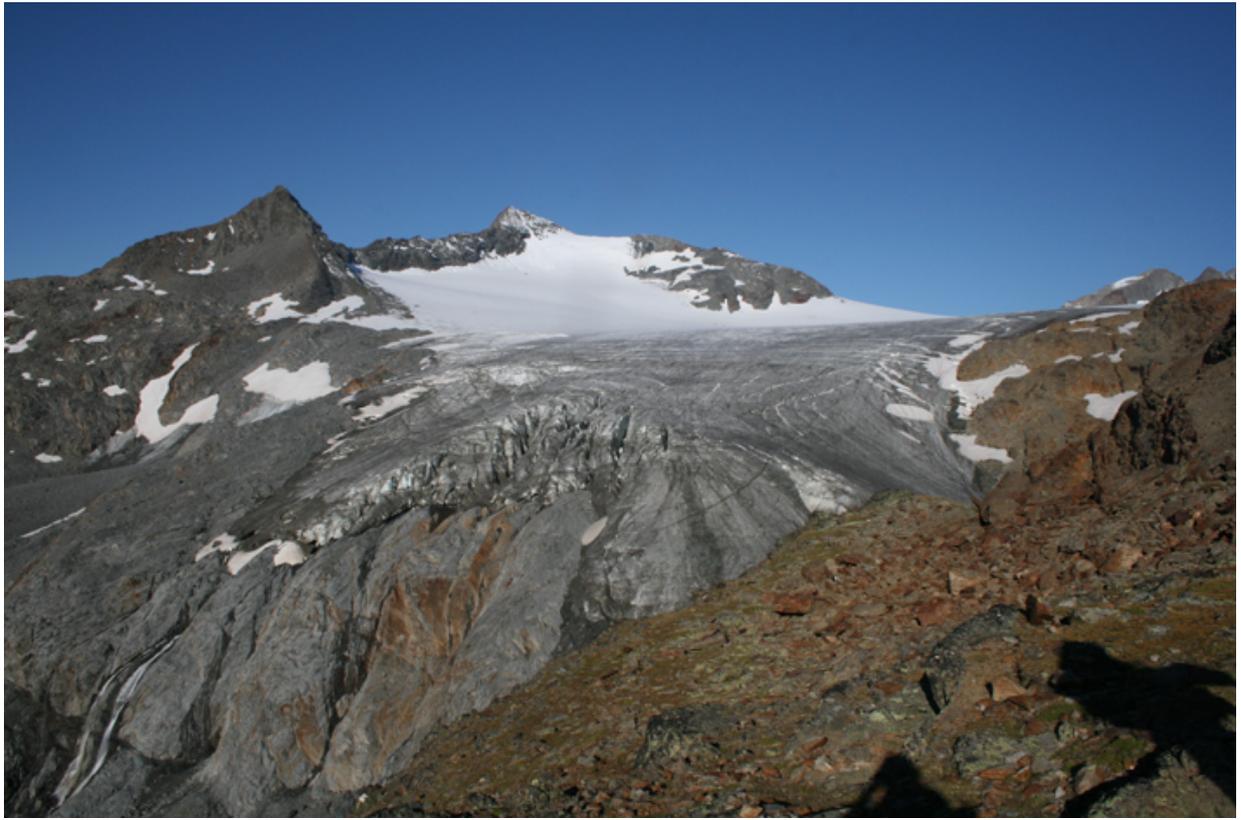


Abbildung 13: Kesselwandferner am 04.09.2013.



Abbildung 14: Panorama am 04.09.2013.



Abbildung 15: Das Firngebiet des Kesselwandferners zeigte sich bei den Messungen am 04.09.2013 schneebedeckt.



Abbildung 16: Blick zum Fluchtkogel am 04.09.2013.



Abbildung 17: Firngebiet des Kesselwandfenners am 04.09.2013 unterhalb des Brandenburger Hauses.



Abbildung 18: Bei den Bohrungen der Pegel am 04.09.2013 für die Messungen der Fließgeschwindigkeit wurden jeweils auch die unteren Schichten der Firndecke gehoben und so jeweils Information über die Schicht unterhalb des Neuschnees gewonnen.



Abbildung 19: Kesselwandferner nach dem Abriss der Zunge im September 2012 (Foto: OeAV Gletschermessdienst, Norbert Span).

Literatur

- Abermann, J., H. Schneider, und A. Lambrecht, 2007: Analysis of surface elevation changes on Kesselwand glacier. Comparison of different methods. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, **41**, 147–167.
- Fischer, A., 2012: Gletscherbericht 2010/2011. Sammelbericht über die Gletschermessungen des Oesterreichischen Alpenvereins im Jahre 2011. *Bergauf*, **68 (138)**, 30–39.
- 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.
- Fischer, A., G. Markl, H. Schneider, J. Abermann, und M. Kuhn, 2013: Glacier mass balances and elevation zones of Kesselwandferner, Ötztal Alps, Austria, 1952/1953 to 2010/2011. www.pangaea.de.
- Helfricht, K., J. Schöber, B. Seiser, A. Fischer, J. Stötter, und M. Kuhn, 2012: Snow accumulation of a high alpine catchment derived from LiDAR measurements. *Advances in Geoscience*, **32**, 31–39.
- Hoinkes, H., 1970: Methoden und Möglichkeiten von Massenhaushaltsstudien auf Gletschern. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, **6**, 37–90.
- Schneider, H., 1970: Die Grundlagen der Vermessungen am Kesselwandferner(Ötztaler Alpen) und die Bewegung dieses Gletschers in den Haushaltsjahren 1965/66, 1966/67 und 1967/68.