

ÄUSSERES MULLWITZKEES

MASSENHAUSHALT 2012/2013



Jahresbericht des Instituts für Interdisziplinäre Gebirgsforschung, der
Österreichischen Akademie der Wissenschaften

MAG. M. STOCKER-WALDHUBER, DR. A. FISCHER

04.12.2013



im Auftrag von:

Hydrographischer Dienst Tirol
Herrengasse 1–3
A–6020 Innsbruck, Austria
hydrographie@tirol.gv.at
Tel.: +43(0)512 508 4251
Fax.: +43(0)512 508 4205

Nationalpark Hohe Tauern
Nationalparkverwaltung Tirol
Kirchplatz 2
A–9971 Mauterndorf, Austria
Tel.: +43(0)4875 5161 0
Fax.: +43(0)4875 5161 20

Durchführung der Arbeit

Mag. Martin Stocker-Waldhuber^{1/2}
martin.stocker-waldhuber@uibk.ac.at
Tel.: +43(0)512 507 5492
Fax.: +43(0)512 507 2924

Dr. Andrea Fischer¹
andrea.fischer@oeaw.ac.at
Tel.: +43(0)512 507 49451
Fax.: +43(0)512 507 49499

- 1 Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung, Österreichische Akademie der Wissenschaften
Technikerstraße 21a, Otto Hittmair-Platz 1, A–6020 Innsbruck, Österreich
www.mountainresearch.at
- 2 Institut für Geowissenschaften und Geographie, Physische Geographie
Martin–Luther–Universität, Halle–Wittenberg, Von–Seckendorff–Platz 4
D–06120 Halle, Deutschland
<http://www.geo.uni-halle.de>

Inhaltsverzeichnis

Inhalt	1
1. Allgemeines	2
2. Methode	3
3. Durchgeführte Arbeiten	4
3.1. Pegelablesungen	4
3.2. Frühjahrsbegehung	5
3.3. Herbstbegehung	5
3.4. Wetterstation und Totalisator	5
4. Auswertung	6
4.1. Definitionen	6
4.2. Winterbilanz	7
4.3. Jahresbilanz	11
5. Zusammenfassung der Ergebnisse	15
6. Mitarbeiter	17
Literatur	17
A. Anhang	18

Äußeres Mullwitzkees, Massenhaushalt 2012/2013

Jahresbericht des Instituts für Interdisziplinäre Gebirgsforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.

Der vorliegende Bericht gibt eine Zusammenfassung über den Massenhaushalt des Mullwitzkees im hydrologischen Jahr 2012/13. Das Projekt wurde im Auftrag des Nationalparks Hohe Tauern und des Hydrographischen Dienstes (HD) der Abteilung Wasserwirtschaft beim Amt der Tiroler Landesregierung im September 2006 gestartet. Die Messungen werden mit Hilfe der direkten glaziologischen Methode durchgeführt. Ziel dieser Messungen ist es, den Zusammenhang zwischen dem Massenhaushalt des Gletschers und dem lokalen Klima aufzuzeigen.

1. Allgemeines

Das Mullwitzkees befindet sich in der Venedigergruppe in der Kernzone des Nationalparks Hohe Tauern. Der obere Teil des Gletschers (Äußeres Mullwitzkees) ist nach Süden ausgerichtet, während der untere Teil (Zettalunitzkees) und speziell die Zunge nach Süd-West bzw. West-Süd-West zeigen. Die Ergebnisse erlauben Rückschlüsse auf andere Gletscher südlich des Alpenhauptkammes.

Die Gletschergrenzen der südlichen Gletscher der Venedigergruppe wurden auf Grundlage der Gletscherränder von 1998 und von Orthophotos für das Jahr 2009 neu kartiert.

Fläche 1998: 3,24 km^2

Fläche 2009: 2,93 km^2

Die Höhe der Gletscherzunge lag 1998 auf 2610 m und ist im Zuge der Auswertung für das Jahr 2007 auf 2690 m aktualisiert worden. Für das Jahr 2008 wurde die Höhe der Zunge nicht korrigiert. Auch 2009 lag der tiefste Punkt des Gletschers, trotz des Rückgangs auf 2690 m . Der Gletscher erstreckt sich bis in eine Höhe von 3400 m , knapp unterhalb des Hohen Zauns (3450 m). Aus Messungen im Rahmen des Gletscherinventars von 1998 ist bekannt, dass die Gletscherdicke im größten Teil des Gletschers nur zwischen 50 und 70 m beträgt. Das Mullwitzkees hat kein tiefes Firnbecken, sondern die Eisdicke wird nach oben hin eher kleiner. Dies und seine südseitige Ausrichtung lassen erwarten, dass der Gletscher auf Klimaänderungen besonders sensibel reagiert. Abbildung 1.1 gibt einen Überblick über das Einzugsgebiet oberes Dorfertal, mit dem neuen Orthophoto 2009 und den Gletschergrenzen des Inventars von 1998 und 2009.

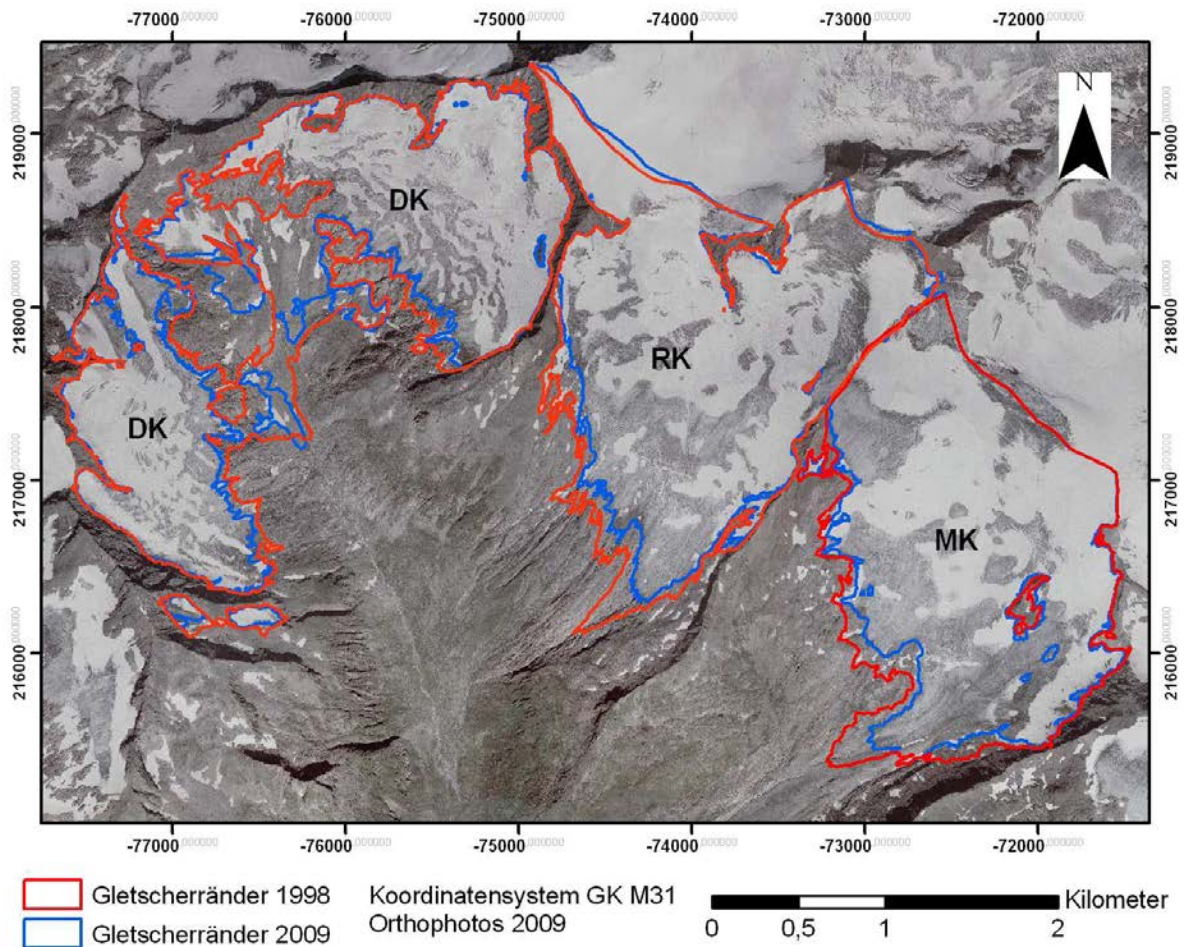


Abbildung 1.1: Einzugsgebiet oberes Dorfertal, Koordinatensystem: Gauß-Krüger M31, Orthophoto 2009. DK: Dorfer Kees, RK: Rainer Kees (Inneres Mullwitzkees), MK: Mullwitzkees (Äußers Mullwitzkees, die Zunge wird auch als Zettalunitzkees bezeichnet.)

2. Methode

Zur Bestimmung des Massenhaushalts wird die direkte glaziologische Methode mit fixem Haushaltsjahr verwendet. Dabei wird bestimmt, wie viel Masse der Gletscher im Laufe eines Jahres verliert bzw. gewinnt. Mit einem Jahr ist das hydrologische Jahr gemeint, welches am 01.10. beginnt und am 30.09. des Folgejahres endet. Bei dieser Methode wird davon ausgegangen, dass, speziell in den Alpen, während der Akkumulationsphase 01.10. bis 30.04. der Gletscher an Masse gewinnt und während der Ablationsphase 01.05. bis 30.09. an Masse verliert. Daher wird auch

von Winter-, Sommer- und Jahresbilanz gesprochen. Um die Ablation zu bestimmen, werden Pegel gebohrt, deren freie Enden mehrmals im Jahr abgelesen werden, um so den Abschmelzbetrag an diesen Punkten zu messen. Im Akkumulationsgebiet werden im Frühjahr und Herbst Schächte gegraben, um den Massenzuwachs zu erfassen. Der Massenzuwachs errechnet sich aus Tiefe des Schachtes (bis zum Firn, also dem Schnee des Vorjahres) und der gemessenen Dichte des Schnees (Abb. 2.1).



Abbildung 2.1: links: Frühjahrsschacht 3 am 09.05.2013; rechts: Herbstschacht 3 am 22.09.2013.

3. Durchgeführte Arbeiten

3.1. Pegelablesungen

Die bereits vorhandenen Pegel wurden in der Ablationsperiode 2013 regelmäßig abgelesen und die Pegel 1, 4 und 7 je 8 m neu gebohrt. Die Ablesungen und die Erneuerungen der Pegel wurden am 08.10.2012, 01.04.2013, 19.06.2013, 06.08.2013, und am 23.09.2013 durchgeführt.

3.2. Frühjahrsbegehung

Zur Bestimmung der Winterbilanz müssen am Ende des Winters Schneeschächte gegraben werden. Weiters ist es wichtig, die räumliche Verteilung der Schneehöhe am Gletscher zu kennen. Die Frühjahrsbegehung wurde am 08. und 09. Mai 2013 durchgeführt. Nach der Fahrt bis zur Kehre unterhalb des Steinbruchs erfolgte der weitere Aufstieg zu Fuß über die Jahannishütte und das Zettalunitzsch bis zur Gletscherzunge. Aufgeteilt in zwei Gruppen wurde über die Zunge bis zu den Schächten eins und zwei und weiter zum Defreggerhaus sondiert. Nach der Übernachtung im Defreggerhaus wurden die Schächte fertiggestellt und weiter über das Plateau bis Pegel 16 und Schacht 3 sondiert. Zusätzlich wurde ein weiterer Schacht (MWFS4) auf der Gletscherzunge gegraben. Das Wetter an beiden Tagen: klare wolkenlose Nächte und Vormittage, rascher Aufzug mittelhoher Bewölkung, Nebel an den Nachmittagen.

3.3. Herbstbegehung

Bei der Herbstbegehung werden zur Bestimmung der Jahresbilanz Schneeschächte gegraben, Sondierungen durchgeführt und die Ablationspegel abgelesen. Die Herbstbegehung fand am 22. und 23. September 2013 statt. Nach der Auffahrt mit dem Auto zur Johannishütte erfolgte der Aufstieg über den Normalweg bis zum Defreggerhaus und weiter mit Ski bis Schacht 3. Weiters wurde über Pegel 16 bis Schacht 2 und hoch über das Plateau bis Schacht 1 sondiert. Am zweiten Tag wurde über Schacht 2 bis Pegel 15 und 17 sondiert bzw. alle Pegel abgelesen. Zum Zeitpunkt der Herbstbegehung lagen 15–80 *cm* Neuschnee. An den Schachtpositionen 1, 2, und 3, lagen die Schneehöhen zwischen 150 und 180 *cm*. Das Wetter zum Zeitpunkt der Herbstbegehung: stürmischer Nordföhn, mittelhohe und hohe Bewölkung aber auch immer wieder Sonnenschein, nahezu wolkenlos am 23.09.2013.

3.4. Wetterstation und Totalisator

Wichtige Parameter, die das Haushaltsjahr des Gletschers bestimmen sind unter anderen die Temperatur und der Niederschlag. Diese werden in der Wetterhütte und am Totalisator in der Nähe des Defreggerhauses gemessen (für den Niederschlag s. Tab. 3.1). Der Temperaturfühler in der Wetterhütte wurde am 08.05.2013 und am 23.09.2013 getauscht (neu: SN.: 1298191).

	Messung [cm]					Bemerkung	Niederschlag [mm]
Datum	1	2	3	4	5		
08.10.2012	60,5	60,6	60,6	60,6	60,5	neu befüllt	
03.01.2013	49,1	49,1	49,1	49,0	49,0		376
01.04.2013	39,1	39,1	39,1	39,0	39,0		701
08.05.2013	35,9	35,9	35,9	35,8	35,8		805
19.06.2013	27,2	27,2	27,2	27,1	27,1		1090
02.08.2013	21,0	21,0	21,1	21,1	21,1		1282
06.08.2013	20,7	20,7	20,8	20,8	20,8		1297
	39,9	39,9	40,0	40,0	40,0	abgelassen	
23.09.2013	31,6	31,6	31,6	31,5	31,5		1572

Tabelle 3.1: Auslesung Totalisator (von oben) und Niederschlag.

4. Auswertung

4.1. Definitionen

S	gesamte Gletscherfläche	B	Gesamtjahresbilanz
b	spezifische Massenbilanz	S_a	Fläche des Ablationsgebietes
B_a	Gesamtbilanz Ablationsgebiet	b_a	spezifische Bilanz Ablationsgebiet
S_c	Fläche des Akkumulationsgebietes	B_c	Gesamtbilanz Akkumulationsgebiet
b_c	spezifische Bilanz Akkumulationsgebiet	w_i	als Index bedeutet Winter
so	als Index bedeutet Sommer	ELA	Höhe der Gleichgewichtslinie
S_c/S	Verhältnis Akkumulations- Gesamtfläche	WW	Wasserwert

Tabelle 4.1: Notationen, die in dieser Arbeit verwendet werden.

$$S = S_c + S_a \quad (4.1) \qquad B = B_c + B_a \quad (4.2)$$

Für die spezifischen Bilanzen gelten folgende Beziehungen:

$$b = b_{wi} + b_{so} \quad (4.3) \qquad b_{so} = b - b_{wi} \quad (4.4)$$

$$b_{wi} = B_{wi}/S \quad (4.5) \qquad b_{so} = B_{so}/S \quad (4.6)$$

$$b_c = B_c/S_c \quad (4.7) \qquad b_a = B_a/S_a \quad (4.8)$$

Tabelle 4.2: Zur Massenhaushaltsbestimmung gültige Beziehungen.

4.2. Winterbilanz

Um die Winterbilanz zu bestimmen, wird aus der ermittelten Dichte und Tiefe der Frühjahrsschächte der Wasserwert berechnet. Die Schneehöhe der Sondierungen wird ebenfalls mit der mittleren Dichte der Schächte in Wasseräquivalent umgerechnet. Aus Tabelle 4.3 sind die Wasserwerte und die mittlere Dichte der Frühjahrsschächte zu entnehmen, bzw. deren Lage aus Abbildung 4.1.

Schachtnummer	Tiefe [m]	Dichte [kg/m^3]	Wasserwert [mm]
1	4,52	505	2283
2	3,73	483	1802
3	2,49	451	1124
4	2,49	539	1342

Tabelle 4.3: Tiefe, mittlere Dichte und Wasserwert der Frühjahrsschächte.

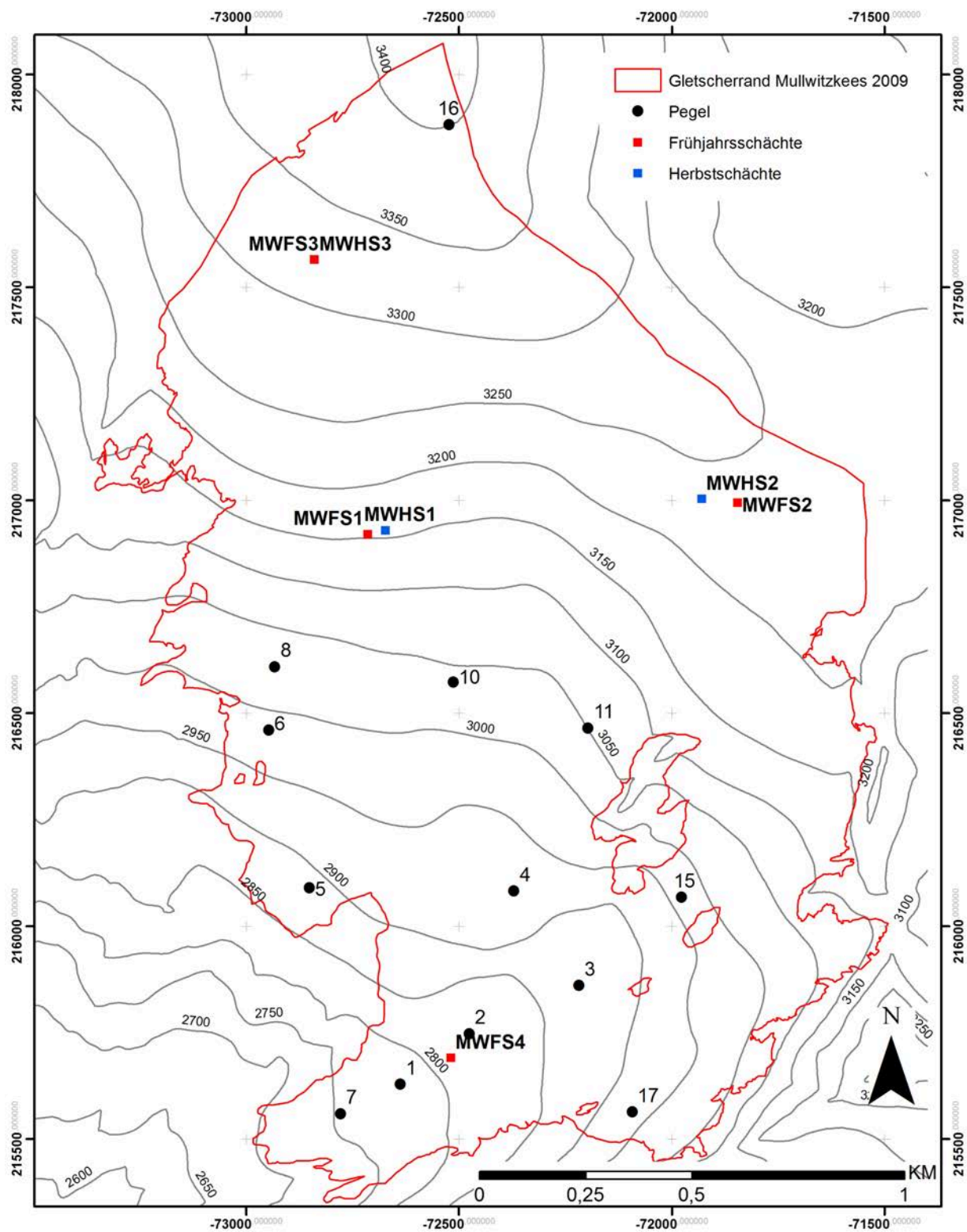


Abbildung 4.1: Mullwitzkees mit Gletschergrenze 2009; Lage der Pegel und der Frühjahrs- und Herbstschächte.

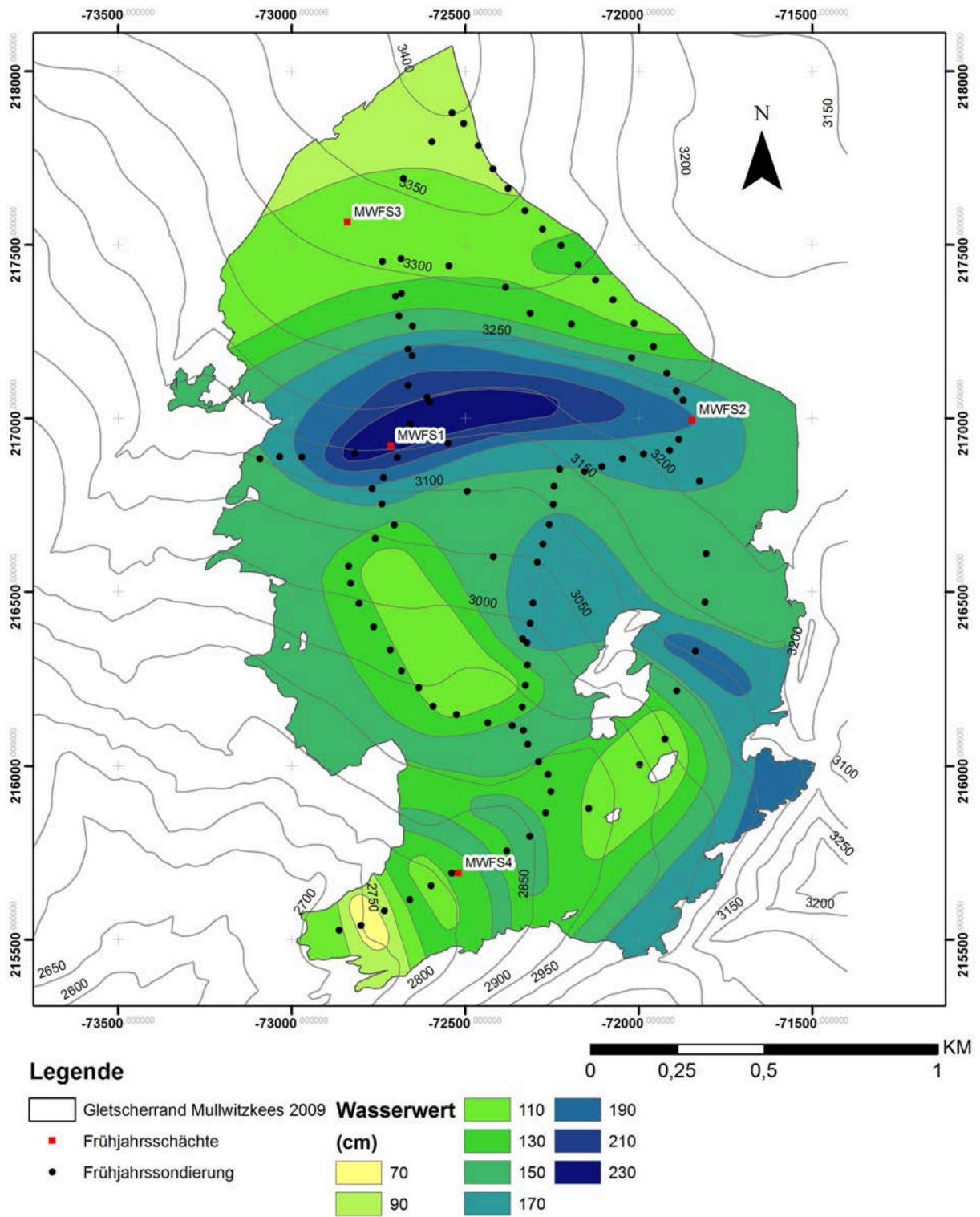


Abbildung 4.2: Flächen gleichen Wasserwertes der Winterbilanz gültig für den 30.04.2013 und für die Gletschergrenze 2009, sowie Punkte der Sondierungen und Schächte.

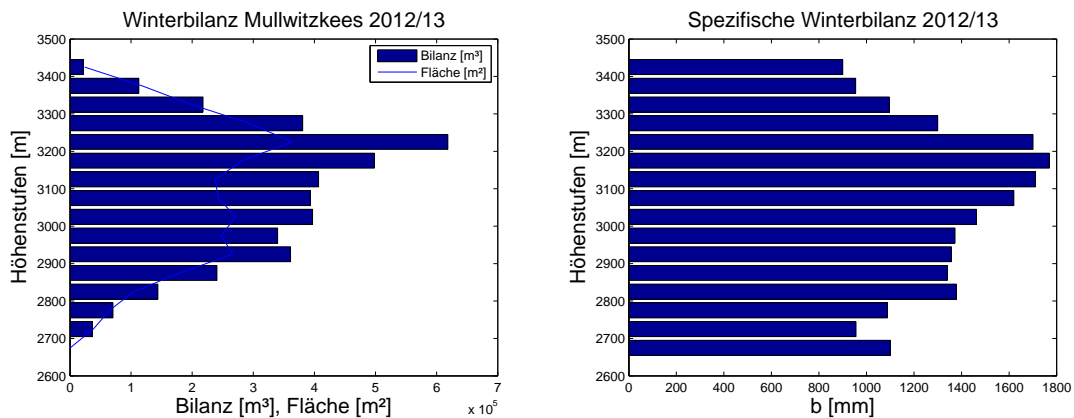


Abbildung 4.3: Nettobilanz [$10^5 m^3$] und Fläche [$10^5 m^2$] der Höhenstufen (links) und mittlere spezifische Bilanz [$mm ww$] der Höhenstufen (rechts) gültig für den Winter des hydrologischen Jahres 2012/13 am Mullwitzkees.

Höhenstufe	Fläche [km^2]	Bilanz [$10^3 m^3$]	Wasserwert [mm]
3425	0,024	21,8	900
3375	0,118	112,7	954
3325	0,199	217,7	1096
3275	0,293	380,8	1299
3225	0,364	618,3	1701
3175	0,281	498,0	1769
3125	0,238	406,8	1711
3075	0,243	393,1	1620
3025	0,271	397,0	1463
2975	0,248	339,8	1372
2925	0,266	361,0	1357
2875	0,179	240,5	1340
2825	0,104	143,8	1378
2775	0,065	70,4	1088
2725	0,038	36,6	956
2675	0,0004	0,5	1100
Gesamt	2,931	4238,6	1446

Tabelle 4.4: Flächen– und Winterbilanz– Höhenverteilung (Mittelwerte der Höhenstufen).

Aus Tabelle 4.4 sind die Werte der Winterbilanz, gültig von 01.10.2012 bis 30.04.2013, zu

entnehmen. Die Winterbilanz $B_{wi} = 4238,6 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ ergibt sich aus der Summe der Bilanzwerte der einzelnen Höhenstufen. Für die Akkumulationsperiode 2012/13 ergab sich eine mittlere spezifische Bilanz von $b_{wi} = 1446 \text{ mm}$. In Abbildung 4.2 sind die Flächen gleichen Wasserwertes gültig für den 30.04.2013 sowie die Lage der Schächte und Punkte der Sondierungen am Mullwitzkees dargestellt. Der Verlauf der Nettobilanz, der Fläche und der mittleren spezifischen Bilanz pro Höhenstufe gültig für den Winter des hydrologischen Jahres 2012/13 sind in Abbildung 4.3 aufgezeichnet.

$$B_{wi} = 4238,6 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

$$b_{wi} = 1446 \text{ mm}$$

4.3. Jahresbilanz

Für die Jahresbilanz (01.10.2012 – 30.09.2013) sind sowohl die Ablationswerte als auch die Akkumulationswerte über diesen Zeitraum betrachtet von ausschlaggebender Bedeutung. Die Ablationswerte am Ende des hydrologischen Jahres, welche ja Messwerte in cm Eis darstellen, werden mit einer mittleren Dichte von Eis $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$ in mm Wasserwert umgerechnet. Der zweite Term in der Jahresbilanz ist die Rücklage am Ende des hydrologischen Jahres. Sie wird ebenfalls in mm Wasser angegeben und wird gebildet aus dem Produkt der Schachttiefe und der mittleren Schneedichte des Schachtes. Aus Tabelle 4.5 sind die Wasserwerte und die mittlere Dichte der Herbstschächte und aus Tabelle 4.6 die Wasserwerte der einzelnen Pegel zu entnehmen, bzw. deren Lage aus Abbildung 4.1.

Schachtnummer	Tiefe [m]	Dichte [kg/m^3]	Wasserwert [mm]
1	1,50	439	659
2	1,80	474	852
3	1,49	479	714

Tabelle 4.5: Tiefe, mittlere Dichte und Wasserwert der Herbstschächte.

Pegelnummer	Wasserwert [mm]	Pegelnummer	Wasserwert [mm]
1	-1118	8	-697
2	-872	10	-120
3	-788	11	-919
4	-914	15	-1272
5	-1296	16	-52
6	-774	17	-706
7	-2430		

Tabelle 4.6: Wasserwerte der Ablation an den Pegeln (01.10.2012–30.09.2013).

Zusätzlich werden im Rahmen der Herbstbegehung Sondierungen durchgeführt, um die Verteilung der Altschneedecke zu bestimmen. Mit Hilfe von Fotos, den Sondierungen und den einzelnen Wasserwerten, wird eine Karte, Abbildung 4.4, mit Isolinien des Wasserwertes erstellt und die Jahresbilanz berechnet. Das Gebiet der Rücklage (Blau) ist bestimmt durch die Schneeverfrachtung während des Jahres. Da der Wind hauptsächlich, besonders im Winter, aus Nord bzw. Nord-West weht, wurden, wie in den Jahren zuvor die größten Schneehöhen in den Mulden bzw. im Lee der überströmten Kanten gefunden. Die rote Linie (Gleichgewichtslinie) markiert den Übergang zwischen Akkumulations- und Ablationsgebiet. Das Maximum der Ablation wurde am Zungenende des Gletschers gefunden. Aus Tabelle 4.7 sind die Werte der Jahresbilanz zu entnehmen.

Höhenstufe	Fläche [km^2]	Bilanz [$10^3 m^3$]	Wasserwert [mm]
3425	0,024	-6,0	-250
3375	0,118	5,3	45
3325	0,199	86,2	434
3275	0,293	-1,0	-3
3225	0,364	185,5	510
3175	0,281	117,8	418
3125	0,238	7,6	32
3075	0,243	-53,3	-220
3025	0,271	-114,8	-423
2975	0,248	-139,7	-564
2925	0,266	-258,8	-973
2875	0,179	-166,6	-929
2825	0,104	-92,9	-890
2775	0,065	-110,9	-1714
2725	0,038	-96,1	-2508
2675	0,0004	-1,2	-2750
Gesamt	2,931	-638,7	-218

Tabelle 4.7: Flächen- und Jahresbilanz- Höhenverteilung (Mittelwerte der Höhenstufen).

Wie bereits bei der Winterbilanz wird über die jeweiligen Flächen integriert und anschließend mit der Gesamtfläche die spezifische Jahresmassenbilanz ermittelt. Die Flächen gleichen Wasserwertes gültig für den 30.09.2013, die Gletschergrenze von 2009 sowie die Punkte der Sondierungen und Schächte im Herbst 2013 sind in Abbildung 4.4 grafisch dargestellt. In Abbildung 4.5 ist der Verlauf der Fläche, der Jahresbilanz und der spezifischen Bilanz pro Höhenstufe aufgezeichnet.

$$B = -638,7 \cdot 10^3 m^3$$

$$b = -218 mm$$

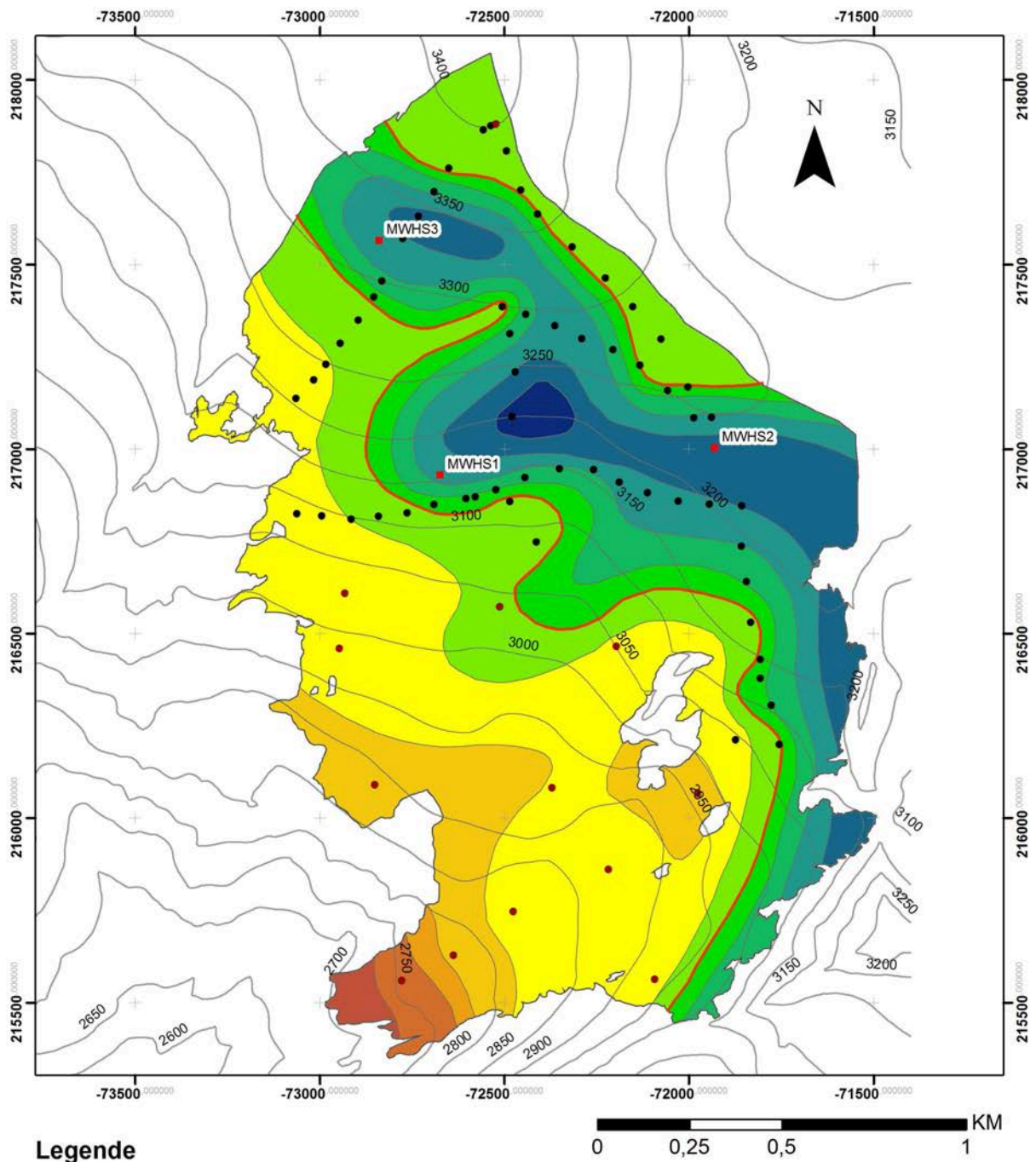


Abbildung 4.4: Flächen gleichen Wasserwertes der Jahresbilanz gültig für den 30.09.2013 und für die Gletschergrenze 2009, sowie Punkte der Sondierungen und Schächte im Herbst 2013.

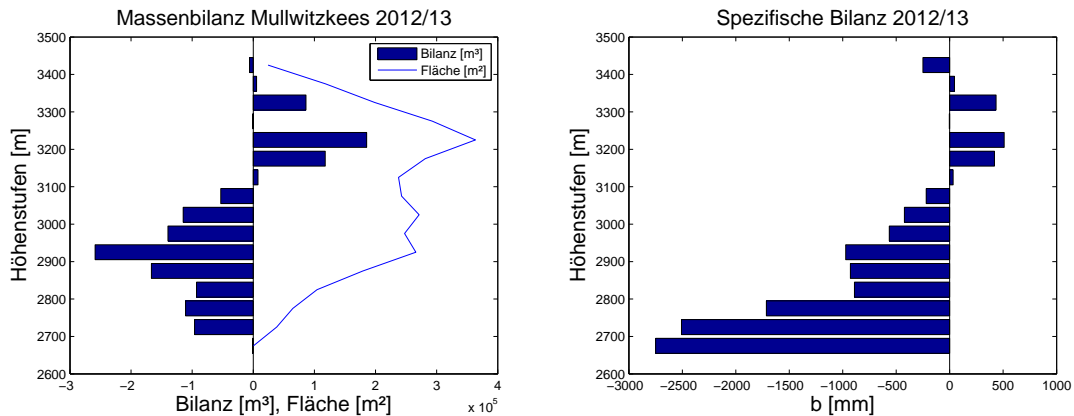


Abbildung 4.5: Nettobilanz [$10^5 m^3$] und Fläche [$10^5 m^2$] der Höhenstufen (links) und mittlere spezifische Bilanz [$mm ww$] der Höhenstufen (rechts) gültig für das hydrologische Jahr 2012/13 am Mullwitzkees.

Um nun auf die Sommerbilanz zu schließen, wird die Winterbilanz von der Jahresbilanz subtrahiert. Dabei gelten die oben genannten Formeln:

$$B_{so} = B - B_{wi} \text{ und } b_{so} = b - b_{wi}$$

Für die Sommerbilanz ergeben sich daher folgende Werte:

$$B_{so} = -4877,3 \cdot 10^3 m^3$$

$$b_{so} = -1664 mm$$

5. Zusammenfassung der Ergebnisse

In Tabelle 5.1 sind die Ergebnisse der Jahres-, Winter- und Sommerbilanz, getrennt nach Ablations- und Akkumulationsgebiet zusammengefasst.

	Jahresbilanz	Winterbilanz	Sommerbilanz	Einheit
S_c	1,207			km^2
B_c	617,7			$10^3 m^3$
b_c	512			mm
S_a	1,725			km^2
B_a	-1256,4			$10^3 m^3$
b_a	-728			mm
S	2,931	2,931	2,931	km^2
B	-638,7	4238,6	-4877,3	$10^3 m^3$
b	-218	1446	-1664	mm
S_c/S	0,412			
ELA	3119			m

Tabelle 5.1: Kennzahlen der Jahres-, Winter- und Sommerbilanz 2012/13.

	S_c km^2	B_c $10^6 m^3$	b_c mm	S_a km^2	B_a $10^6 m^3$	b_a mm	S km^2	B $10^6 m^3$	b mm	b_s mm	b_w mm	ELA m	S_c/S
2006/07	0,639	0,436	682	2,444	-4,897	-2004	3,083	-4,461	-1447	-2121	674	3187	0,207
2007/08	1,220	0,932	764	1,864	-2,912	-1562	3,084	-1,980	-642	-2052	1410	3115	0,396
2008/09	1,110	0,452	408	1,916	-1,926	-1005	3,026	-1,474	-487	-2006	1519	3116	0,367
2009/10	1,003	0,424	423	2,023	-1,906	-942	3,026	-1,481	-490	-1797	1307	3105	0,332
2010/11	0,431	0,107	248	2,501	-3,926	-1570	2,931	-3,820	-1303	-2127	824	> GN	0,147
2011/12	0,326	0,064	197	2,605	-3,806	-1461	2,931	-3,741	-1276	-2772	1496	> GN	0,111
2012/13	1,207	0,618	512	1,725	-1,256	-728	2,931	-0,639	-218	-1664	1446	3119	0,412

Tabelle 5.2: Kennzahlen der Jahres-, Winter- und Sommerbilanz von 2006 bis 2013 (Stocker-Waldhuber et al., 2013); > GN = über Gipfelniveau.

6. Mitarbeiter

Die Feldarbeiten bzw. Totalisatorablesungen wurden von M. Stocker-Waldhuber, B. Seiser, C. Mitterer, K. Helfricht, R. Mariacher, A. Jestl, E. Egger und R. Egger durchgeführt. Die Auswertung und der Bericht stammen von M. Stocker-Waldhuber.

Literatur

Stocker-Waldhuber, M., A. Fischer, und M. Kuhn, 2013: Glacier Mass Balance of Mullwitzkees, Hohe Tauern, Austria, from 2006-2012. doi:10.1594/PANGAEA.806662.

A. Anhang



Abbildung A.1: Gletscherzunge am 02.08.2013.



Abbildung A.2: Ausaperungsmuster am 06.08.2013.



Abbildung A.3: Ausaperungsmuster am 02.08.2013.



Abbildung A.4: Ausaperungsmuster am 06.08.2013.



Abbildung A.5: Schneebedeckte Gletscherzunge am 23.09.2013.



Abbildung A.6: Schneebedecktes Gletscherplateau am 23.09.2013.



Abbildung A.7: Geschlossene Neuschneedecke am Gletscher am 23.09.2013.