

ÄUSSERES MULLWITZKEES

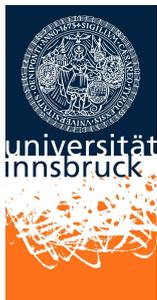
MASSENHAUSHALT 2010/2011



Jahresbericht des Instituts für Meteorologie und Geophysik der Universität
Innsbruck

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

20.01.2011





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 Matrei i. O., Austria
Tel.: +43(0)4875 5161 0
Fax.: +43(0)4875 5161 20

Durchführung der Arbeit

Mag. Martin Stocker-Waldhuber, Dr. Andrea Fischer

Institut für Meteorologie und Geophysik

Universität Innsbruck

Innrain 52

A–6020 Innsbruck/Austria

martin.stocker-waldhuber@uibk.ac.at

andrea.fischer@uibk.ac.at

www.imgi.uibk.ac.at

Tel.: +43(0)512 507 5492

Tel.: +43(0)512 507 5467

Fax.: +43(0)512 507 2924

Inhaltsverzeichnis

Inhalt	1
1 Allgemeines	2
2 Methode	3
3 Durchgeführte Arbeiten	5
3.1 Pegelablesungen	5
3.2 Frühjahrsbegehung	5
3.3 Herbstbegehung	5
3.4 Wetterstation und Totalisator	5
3.5 Seeausbruch	6
4 Auswertung	7
4.1 Definitionen	7
4.2 Winterbilanz	8
4.3 Jahresbilanz	12
5 Zusammenfassung der Ergebnisse	16
6 Mitarbeiter	17

Äußeres Mullwitzkees, Massenhaushalt 2010/2011

Jahresbericht des Instituts für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck

Der vorliegende Bericht gibt eine Zusammenfassung über den Massenhaushalt des fünften Jahres einer auf fünf Jahre geplanten Messreihe am Mullwitzkees. 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 Erscheinungsbild 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. Die Massenbilanzen der Vorjahre wurden mit einer DGPS korrigierten Gletschergrenze für 2009 berechnet, welche durch die Neukartierung jetzt verbessert wurde und somit eine etwas geringere Gletscherfläche ergibt.

Fläche 1998: 3,24 km^2

Fläche 2009 (DGPS korrigierte Fläche von 1998): 3,03 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.

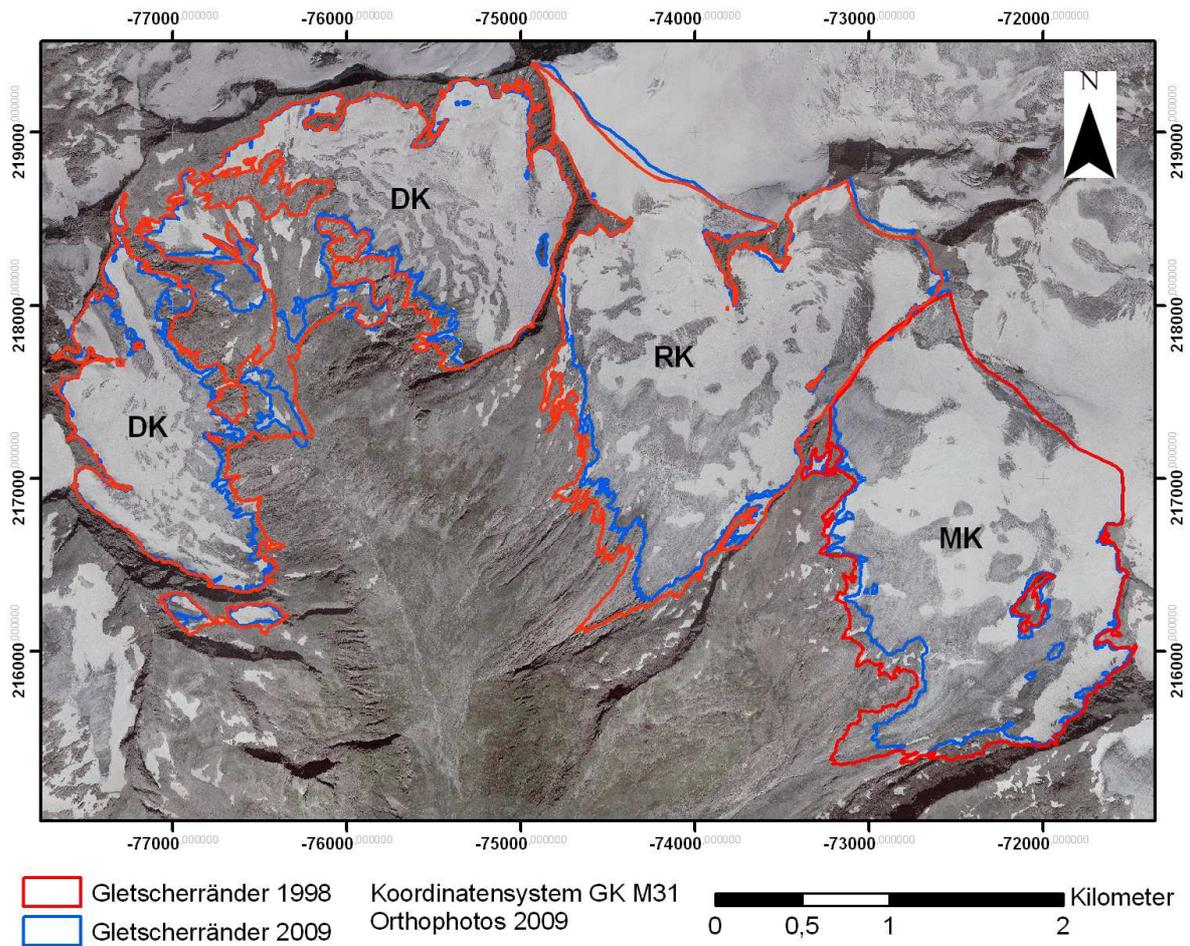


Abbildung 1.1: Einzugsgebiet oberes Dorfertal, Koordinatensystem: Gauß-Krüger M31, Orthophoto 2009.

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 Jah-

res 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: Arbeiten im Frühjahrsschacht 1; rechts: Schmutzhorizont und sehr geringe Schachttiefe im Herbstschacht 1.

3 Durchgeführte Arbeiten

3.1 Pegelablesungen

Die bereits vorhandenen Pegel wurden in der Ablationsperiode 2011 regelmäßig abgelesen und die Pegel 02 und Pegel 07 je 12 m neu gebohrt. Die Ablesungen und die Erneuerungen der Pegel wurden am 18.05.2011, 03.07.2011, 12.08.2011, 04.09.2011 und am 01.10.2011 durchgeführt.

3.2 Frühjahrsbegehung

Zur Bestimmung der Winterbilanz müssen am Ende des Winters Schneeschächte gegraben werden. Weiters ist es wichtig, die Änderung der Schneehöhe am Gletscher zu kennen. Die Frühjahrsbegehung wurde am 18. und 19. Mai 2011 durchgeführt. Aufgrund der geringen Schneemengen im Winter 2010/2011 war es zum Zeitpunkt der Frühjahrsbegehung möglich mit dem Auto bis zur Johannishütte zu fahren. Von dort erfolgte der weitere Aufstieg zu Fuß über 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 erfolgte der weitere Aufstieg mit Sondierungen bis Schacht 3 und weiter über das Plateau und Pegel 15 sowie direkt zurück zur Zunge. Das Wetter an beiden Tagen: zeitweise bewölkt mit starkem Wind an beiden Tagen.

3.3 Herbstbegehung

Bei der Herbstbegehung werden zur Bestimmung der Jahresbilanz Schneeschächte gegraben, Sondierungen durchgeführt und die Ablationspegel abgelesen. Die Herbstbegehung fand am 01/02.10.2010 statt. Nach der Auffahrt mit dem Auto zur Johannishütte erfolgte der Aufstieg zum Defreggerhaus und weiter über Schacht 3 zum Hohen Zaun. Aufgrund der geringen Schneehöhe bei Schacht 3 (12 cm) wurde etwas oberhalb der Schacht 3a gegraben. Weiters wurden die Schächte 2 und 1 gegraben, Sondierungen durchgeführt und alle Pegel abgelesen. Übernachtet wurde im Winterraum Defreggerhaus. Das Wetter an beiden Tagen: Nahezu wolkenloser Himmel mit vereinzelt Cirren.

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 03.07 und am 01.10.2011 getauscht (neu: SN.: 1298192).

	Messung [<i>cm</i>]					Bemerkung	Niederschlag [<i>mm</i>]
Datum	1	2	3	4	5	neu befüllt	
14.10.2010	58,9	58,9	59,0	59,0	59,0		
03.04.2011	42,4	42,4	42,4	42,5	42,5		541
18.05.2011	36,5	36,5	36,6	36,6	36,6		731
03.07.2011	27,7	27,1	27,2	27,2	27,2		1035
12.08.2011	21,1	21,1	21,2	21,2	21,2		1227
04.09.2011	19,1	19,1	19,2	19,2	19,2		1298
01.10.2011	12,7	12,7	12,8	12,8	12,8		1463

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

3.5 Seeausbruch

Zwischen 04.09.2011 und 01.10.2011 kam es zu einem Seeausbruch. Der kleine See am orographisch rechten Rand des Mullwitzkeeses auf Höhe des Defreggerhauses, wird zum einen durch das Mullwitzkees und zum anderen durch einen Felsriegel auf der Talseite aufgestaut, über den auch der natürliche Abfluss erfolgt. Abbildung 3.1 zeigt den See am 01.10.2011 und eingezeichnet dessen ursprünglicher Rand. Der Seeausbruch machte sich vor allem bei der Stromversorgung des Defreggerhauses bemerkbar, da der weitere Schmelzwasserabfluss im und unter dem Mullwitzkees erfolgte.



Abbildung 3.1: See am 01.10.2011, grün eingezeichnet ist die Seehöhe im September 2011.

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	Seehöhe [m]	Tiefe [m]	Dichte [kg/m^3]	Wasserwert [mm]
1	3154	2,31	435	1004
2	3235	3,44	433	1488
3	3320	2,03	396	804

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

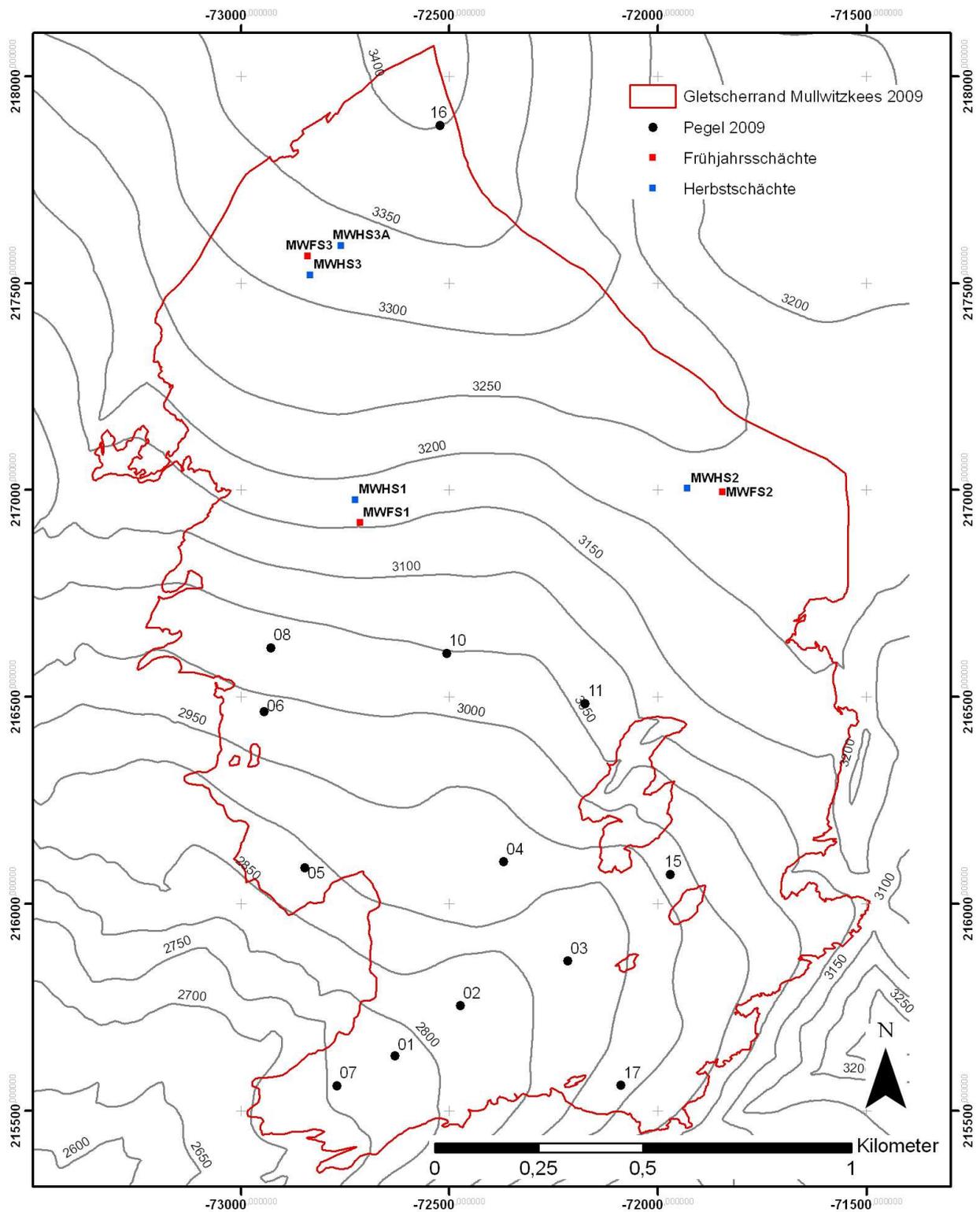
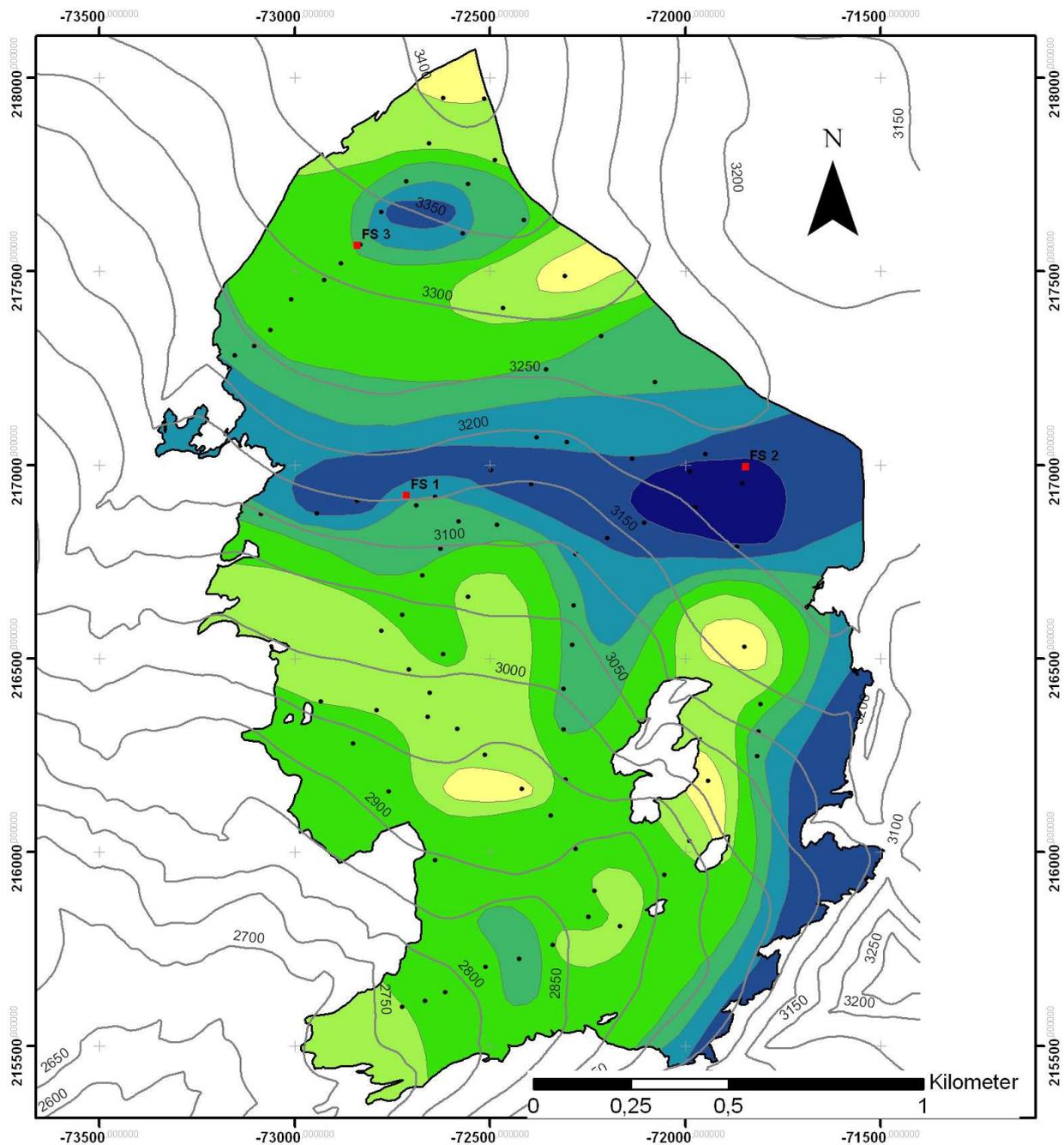


Abbildung 4.1: Mullwitzkees mit Gletschergrenze 2009; Lage der Pegel und der Frühjahrs- und Herbstschächte.



Legende

- | | | | | |
|---|---------------------------------|-------------------|---|-----|
|  | Gletscherrand Mullwitzkees 2009 | Wasserwert |  | 70 |
|  | Frühjahrsschächte (FS) | (cm) |  | 30 |
|  | Sondierung | |  | 50 |
| | | |  | 90 |
| | | |  | 110 |
| | | |  | 130 |
| | | |  | 150 |

Abbildung 4.2: Flächen gleichen Wasserwertes der Winterbilanz gültig für den 01.05.2011 und für die Gletschergrenze 2009, sowie Punkte der Sondierungen und Schächte.

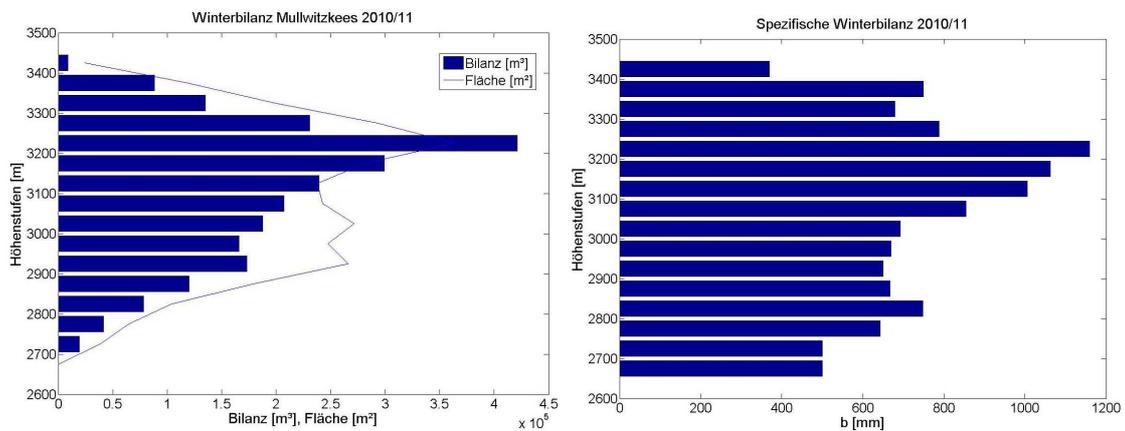


Abbildung 4.3: Nettobilanz [$10^5 m^3$] und Fläche [$10^5 m^2$] der Höhenstufen (links) und mittlere spezifische Bilanz [$mm ww$] der Höhenstufen (rechts) gültig für den Winter des hydrologischen Jahres 2010/11 am Mullwitzkees.

Höhenstufe	Fläche [km^2]	Bilanz [$10^3 m^3$]	Wasserwert [mm]
2675	0,000	0,2	500
2725	0,038	19,2	500
2775	0,065	41,6	643
2825	0,104	78,0	748
2875	0,179	119,8	668
2925	0,266	173,0	650
2975	0,248	165,7	669
3025	0,271	187,8	692
3075	0,243	207,3	854
3125	0,238	239,2	1006
3175	0,281	299,0	1062
3225	0,364	421,3	1159
3275	0,293	230,8	788
3325	0,199	134,8	679
3375	0,118	88,4	749
3425	0,024	8,9	370
Gesamt	2,931	2415	824

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

Aus Tabelle 4.4 sind die Werte der Winterbilanz, gültig von 01.10.2010 bis 30.04.2011, zu ent-

nehmen. Die Winterbilanz $B_{wi} = 2415,0 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ ergibt sich aus der Summe der Bilanzwerte der einzelnen Höhenstufen. Für die Akkumulationsperiode 2010/11 ergab sich eine mittlere spezifische Bilanz von $b_{wi} = 824 \text{ mm}$. In Abbildung 4.2 sind die Flächen gleichen Wasserwertes gültig für den 01.05.2011 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 2010/11 sind in Abbildung 4.3 aufgezeichnet.

$$B_{wi} = 2415,0 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

$$b_{wi} = 824 \text{ mm}$$

4.3 Jahresbilanz

Für die Jahresbilanz (01.10.2010 – 30.09.2011) 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 Schachttiefe mal mittlerer Dichte 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	Seehöhe [m]	Tiefe [m]	Dichte [kg/m^3]	Wasserwert [mm]
1	3177	0,66	548	361
2	3235	1,05	492	517
3	3312	0,12	399	48
3a	3331	1,66	503	836

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

Pegelnummer	Wasserwert [mm]	Pegelnummer	Wasserwert [mm]
1	-3159	8	-2700
2	-3276	10	-1662
3	-2385	11	-1932
4	-2628	15	-2691
5	-2781	16	-727
6	-2862	17	-1783
7	-4518		

Tabelle 4.6: Wasserwerte der Ablation an den Pegeln.

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.

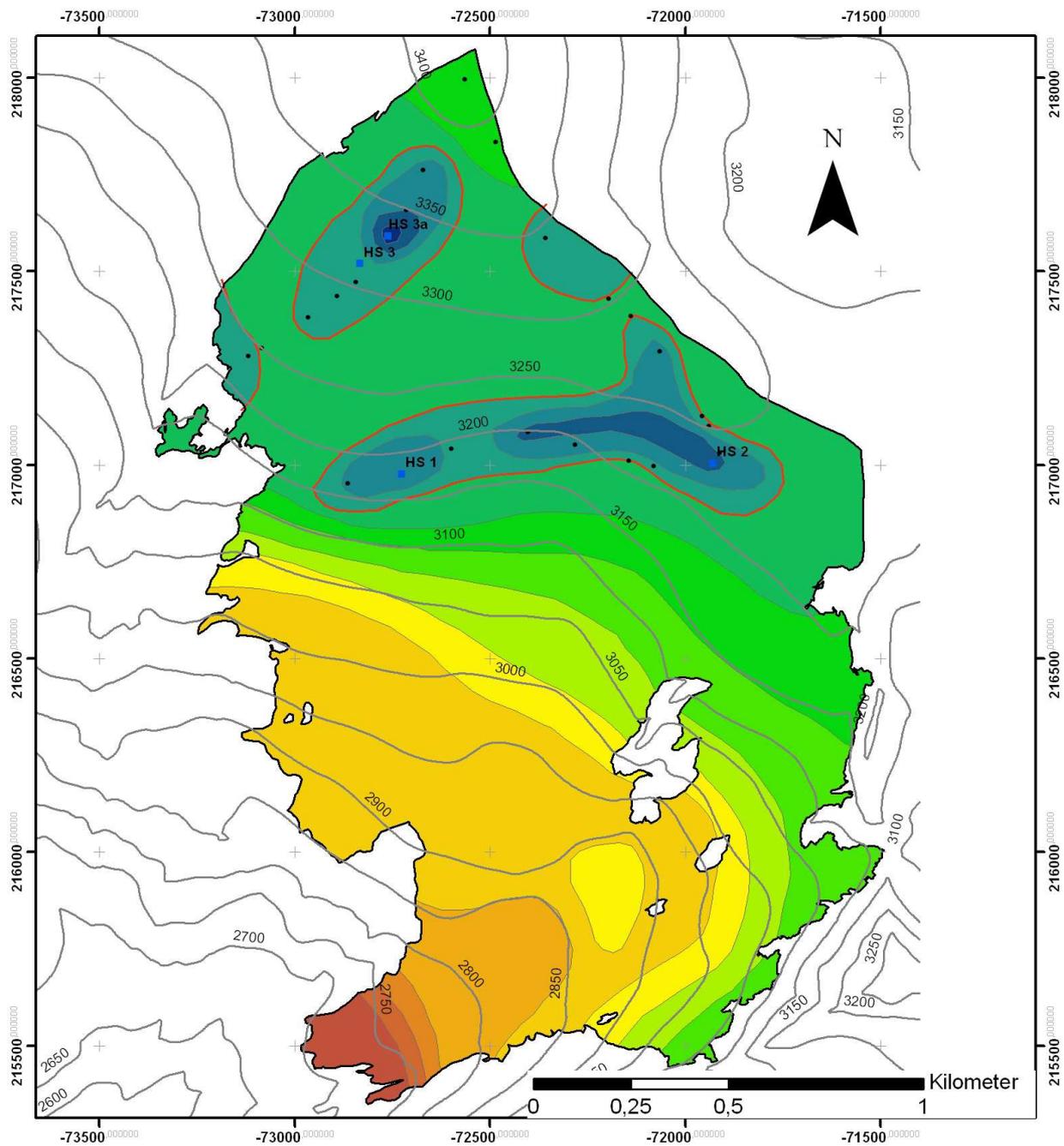
Höhenstufe	Fläche [km^2]	Bilanz [$10^3 m^3$]	Wasserwert [mm]
2675	0,000	-2,0	-4750
2725	0,038	-180,7	-4717
2775	0,065	-233,8	-3615
2825	0,104	-332,7	-3189
2875	0,179	-472,4	-2633
2925	0,266	-709,0	-2665
2975	0,248	-600,7	-2426
3025	0,271	-565,1	-2082
3075	0,243	-346,8	-1429
3125	0,238	-187,7	-789
3175	0,281	-89,9	-320
3225	0,364	-8,0	-22
3275	0,293	-45,7	-156
3325	0,199	-5,1	-25
3375	0,118	-21,8	-184
3425	0,024	-18,1	-750
Gesamt	2,931	-3820	-1303

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 30.09.2011, die Gletschergrenze von 2009 sowie die Punkte der Sondierungen und Schächte im Herbst 2011 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.

$$B = -3819,5 \cdot 10^3 m^3$$

$$b = -1303 mm$$



Legende

	Gletscherrand Mullwitzkees 2009	Wasserwert		-375		-175		12,5	
	Gleichgewichtslinie	(cm)		-325		-125		37,5	
	Herbstschächte (HS)		-475		-275		-75		62,5
	Sondierung		-425		-225		-25		87,5

Abbildung 4.4: Flächen gleichen Wasserwertes der Jahresbilanz gültig für den 30.09.2011 und für die Gletschergrenze 2009, sowie Punkte der Sondierungen und Schächte im Herbst 2011.

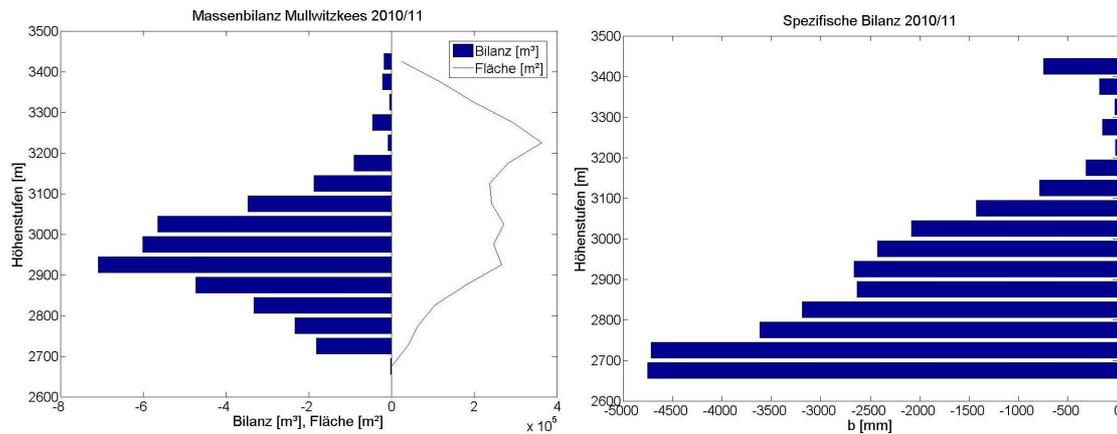


Abbildung 4.5: Nettobilanz [$10^5 m^3$] und Fläche [$10^5 m^2$] der Höhenstufen (links) und mittlere spezifische Bilanz [$mm ww$] der Höhenstufen (rechts) gültig für das hydrologische Jahr 2010/11 am Mullwitzkees.

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:

$$B_{so} = -6234,5 \cdot 10^3 m^3$$

$$b_{so} = -2127 mm$$

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	0,431			km^2
B_c	106,8			$10^3 m^3$
b_c	248			mm
S_a	2,501			km^2
B_a	-3926,3			$10^3 m^3$
b_a	-1570			mm
S	2,931	2,931	2,931	km^2
B	-3819,5	2415,0	-6234,5	$10^3 m^3$
b	-1303	824	-2127	mm
S_c/S	0,147			
ELA	$> GN$			m

Tabelle 5.1: Kennzahlen der Jahres-, Winter- und Sommerbilanz 2010/11; $> GN$ = über Gipfelniveau.

6 Mitarbeiter

Die Feldarbeiten bzw. Totalisatorablesungen wurden von M. Stocker-Waldhuber, R. Prinz, S. Galos, U. Blumthaler, F. Hofmann, R. Mariacher, J. Abermann, T. Brandstätter und M. Emprechtinger durchgeführt. Die Auswertung und der Bericht stammen von M. Stocker-Waldhuber.