

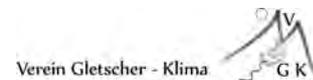
ÄUSSERES MULLWITZKEES

MASSENHAUSHALT 2015/2016



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

MAG. M. STOCKER-WALDHUBER, PD DR. A. FISCHER
07.11.2016



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^{1/2}
martin.stocker-waldhuber@uibk.ac.at
Tel.: +43(0)512 507 49457
Fax.: +43(0)512 507 49499

PD 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 Lehrstuhl für Physische Geographie
Katholische Universität Eichstätt–Ingolstadt, Ostenstraße 14, D–85072 Eichstätt, Deutschland
<http://www.ku.de/mgf/geographie/>

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
1. Allgemeines	4
2. Methode	6
3. Durchgeführte Arbeiten	7
3.1. Pegelablesungen	7
3.2. Frühjahrsbegehung	7
3.3. Herbstbegehung	7
3.4. Wetterstation und Totalisator	8
4. Auswertung	9
4.1. Definitionen	9
4.2. Winterbilanz	11
4.3. Jahresbilanz	14
5. Zusammenfassung der Ergebnisse	18
6. Mitarbeiter	19
7. Ausblick	19
Literatur	19
A. Anhang	20

Äußeres Mullwitzkees, Massenhaushalt 2015/2016

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 2015/16. 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, 2012 und 2015 (Datenquelle: Land Tirol – data.gv.at) neu kartiert.

Fläche 1998: 3,24 km^2

Fläche 2009: 2,93 km^2

Fläche 2012: 2,80 km^2

Fläche 2015: 2,78 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 2015 lag der tiefste Punkt des Gletschers, trotz des Rückgangs noch 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 gibt einen Überblick über das Einzugsgebiet des Dorferbachs im oberen Dorfertal, mit dem neuen Orthophoto von 2015 (Datenquelle: Land Tirol – data.gv.at) und den Gletschergrenzen des Inventars von 1998 und 2009 (Fischer et al., 2015) bzw. 2012 und 2015 am Mullwitzkees.

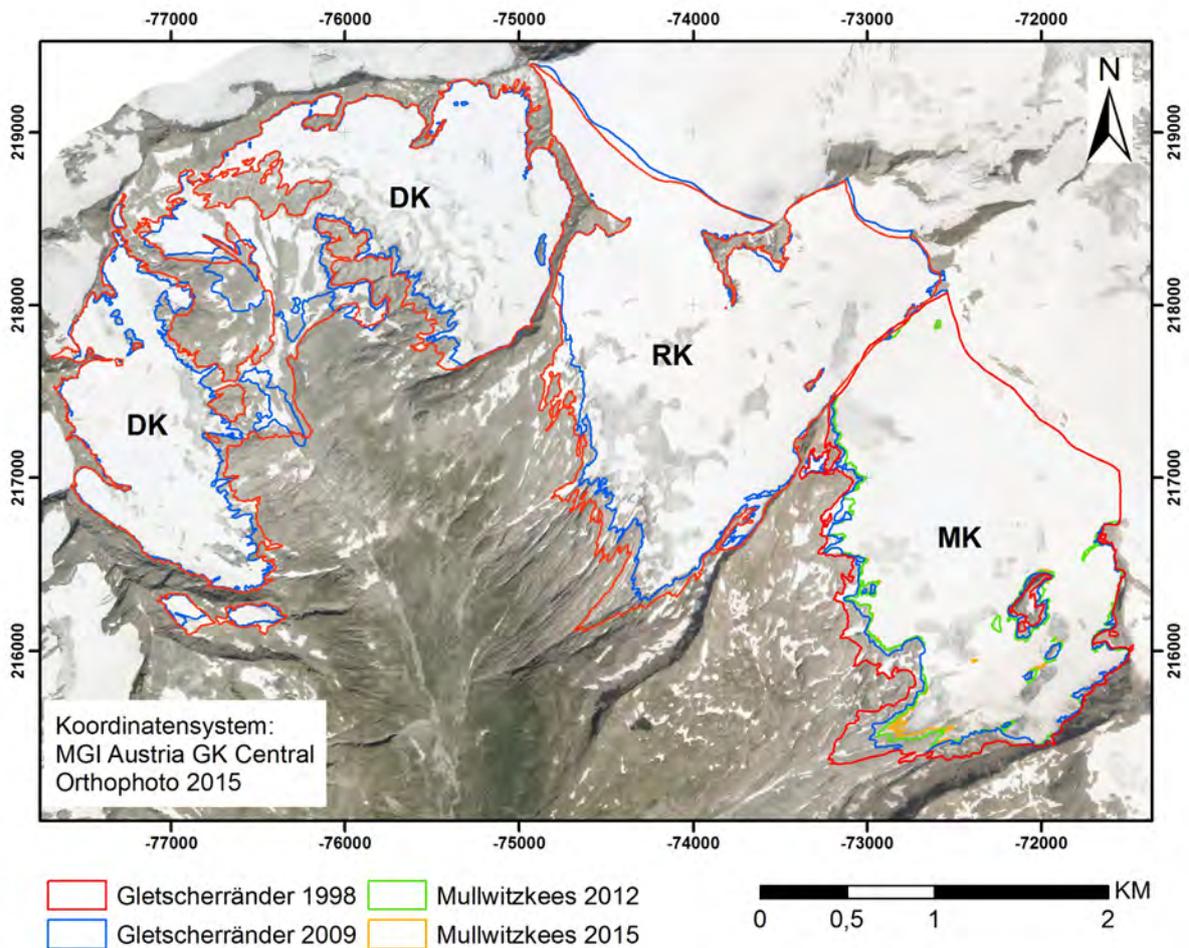


Abbildung 1: Einzugsgebiet des Dorferbachs im oberen Dorfertal, Koordinatensystem: MGI Austria GK Central, Orthophoto 2015 (Datenquelle: Land Tirol – data.gv.at). DK: Dorfer Kees, RK: Rainer Kees (Inneres Mullwitzkees), MK: Mullwitzkees (Äußeres Mullwitzkees, die Zunge wird auch als Zettalunitzkees bezeichnet.)

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 der Tiefe des Schachtes (bis zum Firn, also dem Schnee des Vorjahres) und der gemessenen Dichte des Schnees (Abb. 2).



Abbildung 2: links: Frühjahrsschacht 3 am 07.05.2016; rechts: Herbstschacht 3 am 24.09.2016.

3. Durchgeführte Arbeiten

3.1. Pegelablesungen

Die bereits vorhandenen Pegel wurden in der Ablationsperiode 2016 regelmäßig abgelesen und die Pegel P13 und P17 je 8 m neu gebohrt. Der Hilfspegel, der bei Schachtposition 3 aufgrund der starken Schneeschmelze im Sommer 2015 gebohrt wurde, konnte zur Herbstbegehung 2016 ebenfalls abgelesen werden. Die Ablesungen und die Erneuerungen der Pegel wurden am 25-26.09.2015, 07.05.2016, 02.08.2016, 08-09.09.2016, und am 24.09.2016 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 06. und 07. Mai 2016 durchgeführt. Nach der Fahrt bis zur Waldgrenze unterhalb des Steinbruchs, erfolgte der weitere Aufstieg zu Fuß über die Johannishütte zum Defreggerhaus und weiter bis Schacht 1. Nach der Übernachtung im Defreggerhaus wurde bis Schacht 3 sondiert und weiter, aufgeteilt in zwei Gruppen direkt bis Schacht 2 bzw. über P16 bis Schacht 2 und zurück bis Schacht 1 sondiert. Weiters wurde von Schacht 1 und 2 Richtung Zunge sondiert und Schacht 4 gegraben. Das Wetter an beiden Tagen: Allgemein sonnig und milde Temperaturen mit teils starker Quellbewölkung an den Nachmittagen bei nur schwachem Wind, ansonsten windstill.

3.3. Herbstbegehung

Bei der Herbstbegehung werden zur Bestimmung der Jahresbilanz Schneeschächte gegraben, Sondierungen durchgeführt und die Ablationspegel abgelesen. Die Herbstbegehung fand am 24. und 25. September 2016 statt. Nach der Auffahrt mit dem Auto zur Johannishütte erfolgte der Aufstieg über den Normalweg bis zum Defreggerhaus und weiter zu den einzelnen Pegelpositionen im unteren Teil des Gletschers bis zur Gletscherzunge. Weiters wurden die Schächte 1, 2 und 3 gegraben sowie im Bereich der Rücklagen die Schneehöhen sondiert. Zum Zeitpunkt der Herbstbegehung lagen am Plateau ca. 5 – 15 cm Neuschnee. An den Schachtpositionen 1 und 3 war zum Zeitpunkt der Herbstbegehung nur eine gering mächtige Rücklage vorhanden. Bei Schacht 2 betrug die Rücklage noch 191 cm. Das Wetter zum Zeitpunkt der Herbstbegehung: Sehr sonnig und nahezu windstill an beiden Tagen.

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. 1). Der Temperaturfühler in der Wetterhütte wurde am 24.09.2016 ausgetauscht (neu: SN.: 1298192). Am 08.09.2016 wurde die Wetterhütte neu gestrichen (Abb. 21) sowie der Verwirbelungsring des Totalisators neu lackiert.

	Messung [<i>cm</i>]					Bemerkung	Niederschlag [<i>mm</i>]
Datum	1	2	3	4	5		
25.09.2015	66,9	66,9	67,0	67,0	67,0	neu befüllt	
22.12.2015	61,8	61,8	61,9	61,9	61,9		164
26.03.2016	48,5	48,5	48,6	48,6	48,6		599
07.05.2016	44,1	44,1	44,2	44,2	44,2		741
28.05.2016	41,0	41,0	41,1	41,1	41,1		842
30.06.2016	35,5	35,5	35,6	35,6	35,6		1022
02.08.2016	29,8	29,8	29,9	29,9	29,9		1209
02.08.2016	43,7	43,7	43,8	43,8	43,8	abgelassen	
08.09.2016	36,0	36,0	36,1	36,1	36,1		1461
24.09.2016	34,5	34,5	34,6	34,6	34,6		1510

Tabelle 1: Auslesung Totalisator (Abstichmaß 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	wi	als Index bedeutet Winter
so	als Index bedeutet Sommer	ELA	Höhe der Gleichgewichtslinie
S_c/S	Verhältnis Akkumulations- Gesamtfläche	WW	Wasserwert

Tabelle 2: Notationen, die in dieser Arbeit verwendet werden.

$$S = S_c + S_a \quad (1) \qquad B = B_c + B_a \quad (2)$$

Für die spezifischen Bilanzen gelten folgende Beziehungen:

$$b = b_{wi} + b_{so} \quad (3) \qquad b_{so} = b - b_{wi} \quad (4)$$

$$b_{wi} = B_{wi}/S \quad (5) \qquad b_{so} = B_{so}/S \quad (6)$$

$$b_c = B_c/S_c \quad (7) \qquad b_a = B_a/S_a \quad (8)$$

Tabelle 3: Zur Massenhaushaltsbestimmung gültige Beziehungen.

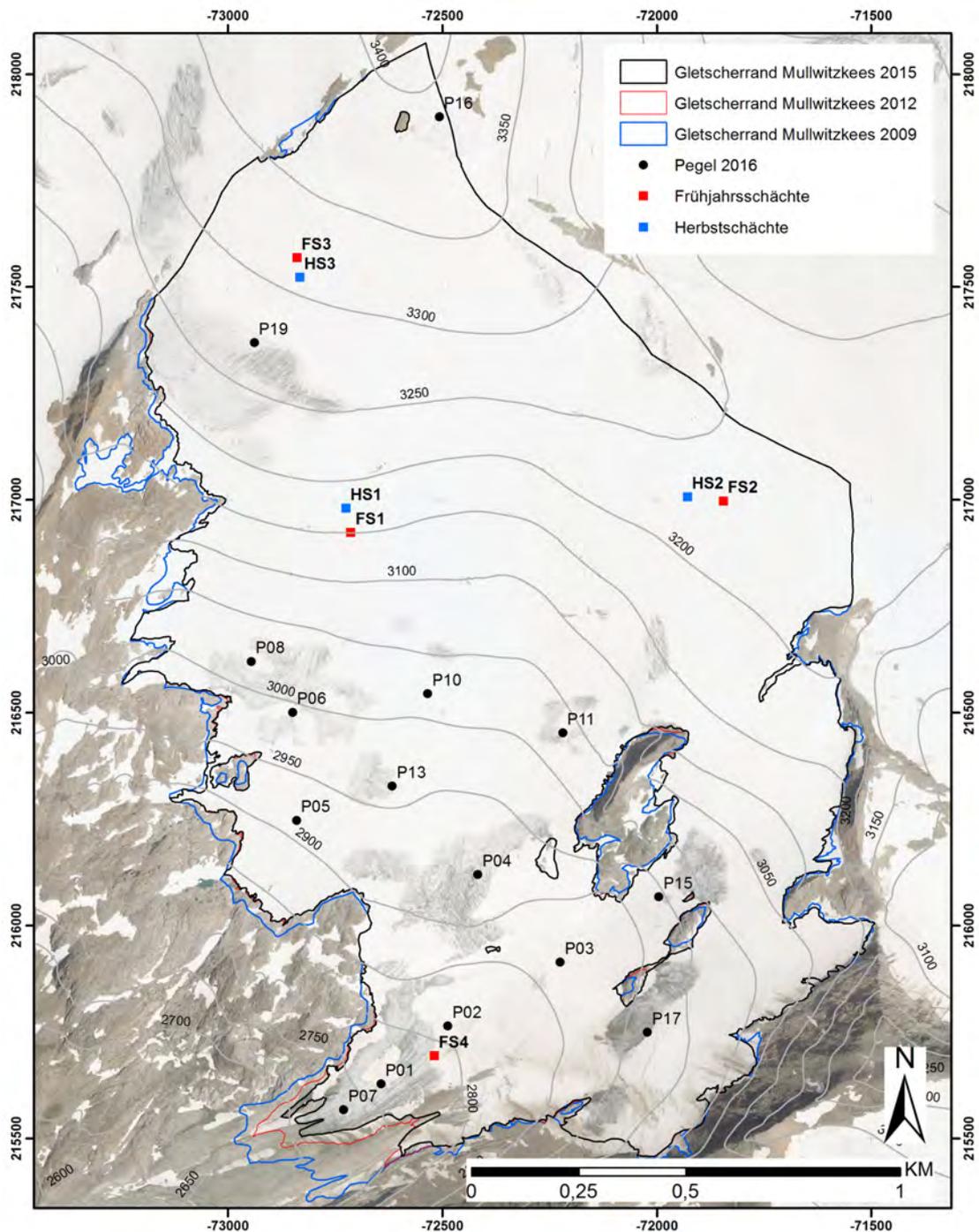


Abbildung 3: Mullwitzkees mit Gletschergrenzen von 2009, 2012 und 2015; Lage der Pegel, der Frühjahrs- und Herbstschächte. Hintergrund: Orthophoto 2015, Datenquelle: Land Tirol – data.tirol.gv.at.

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 sind die Wasserwerte und die mittlere Dichte der Frühjahrsschächte zu entnehmen, bzw. deren Lage aus Abbildung 3. Der Wasserwert des Neuschnees vom September 2015 bzw. Mai 2016 wurde an den jeweiligen Frühjahrsschächten abgezogen. Somit ist der korrigierte Wasserwert für die Akkumulationsperiode zwischen 01.10.2015 und 30.04.2016 gültig.

Schachtnummer	Tiefe [m]	Dichte [kg/m^3]	Wasserwert [mm]	korr. Wasserwert [mm]
1	2,80	410	1149	1022
2	3,43	402	1380	1216
3	2,67	381	1017	851
4	2,52	407	1026	970

Tabelle 4: Tiefe, mittlere Dichte und Wasserwert bzw. korrigierter Wasserwert der Frühjahrsschächte.

Aus Tabelle 5 sind die Werte der Winterbilanz, gültig von 01.10.2015 bis 30.04.2016, zu entnehmen. Die Winterbilanz $B_{wi} = 2876,7 \cdot 10^3 m^3$ ergibt sich aus der Summe der Bilanzwerte der einzelnen Höhenstufen. Für die Akkumulationsperiode 2015/16 ergab sich eine mittlere spezifische Bilanz von $b_{wi} = 1036 mm$. In Abbildung 4 sind die Flächen gleichen Wasserwertes gültig für den 30.04.2016 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 2015/165 sind in Abbildung 5 aufgezeichnet.

$$B_{wi} = 2876,7 \cdot 10^3 m^3$$

$$b_{wi} = 1036 mm$$

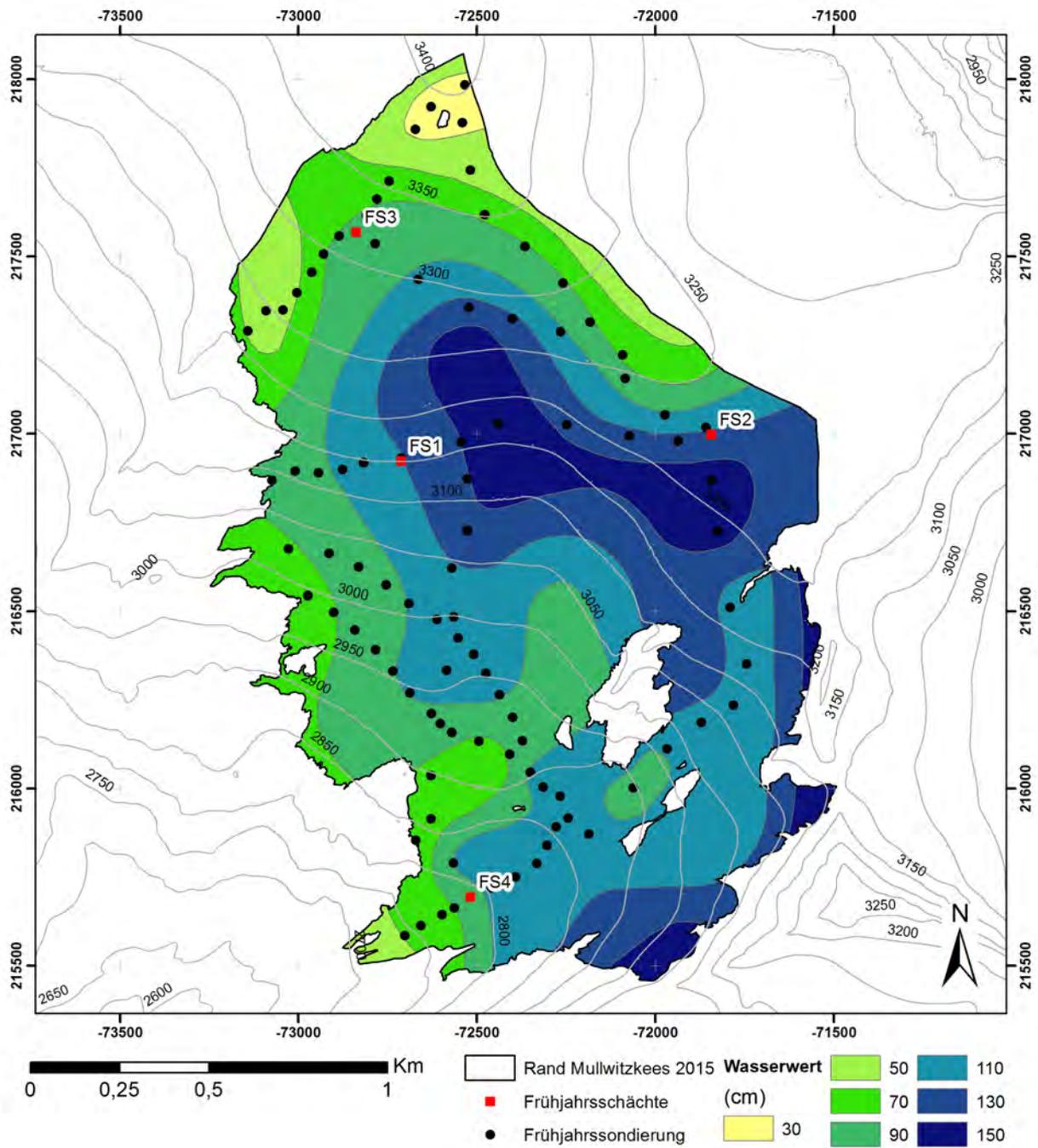


Abbildung 4: Flächen gleichen Wasserwertes der Winterbilanz gültig für den 30.04.2016 und für die Gletschergrenze 2015, sowie Punkte der Sondierungen und Schächte.

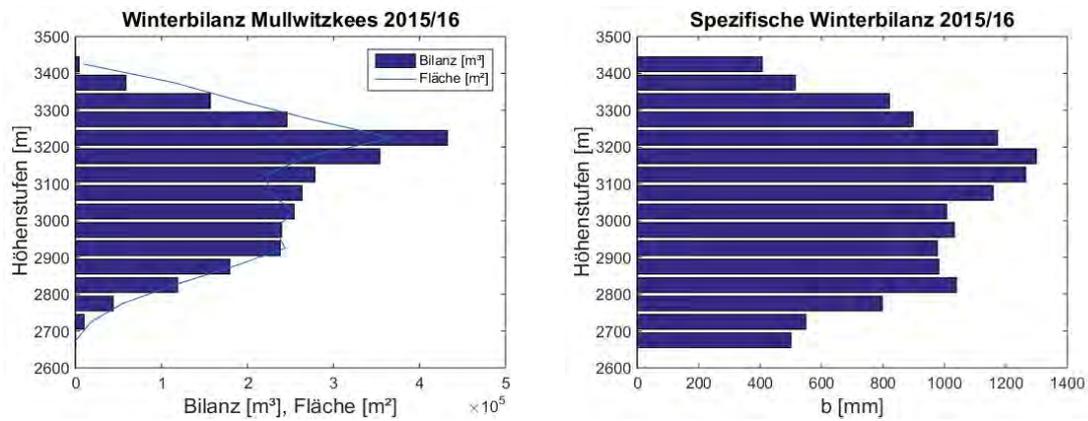


Abbildung 5: Nettobilanz [$10^5 m^3$] und Fläche [$10^5 m^2$] der Höhenstufen (links) und mittlere spezifische Bilanz [$mm ww$] der Höhenstufen (rechts) gültig für den Winter des hydrologischen Jahres 2015/16 am Mullwitzkees.

Höhenstufe	Fläche [km^2]	Bilanz [$10^3 m^3$]	Wasserwert [mm]
3425	0,010	4,0	407
3375	0,114	58,7	513
3325	0,191	156,8	821
3275	0,274	245,8	897
3225	0,369	432,2	1172
3175	0,272	353,8	1299
3125	0,220	278,3	1265
3075	0,227	263,4	1159
3025	0,252	254,2	1007
2975	0,232	239,6	1032
2925	0,244	238,0	977
2875	0,183	179,5	982
2825	0,114	118,6	1039
2775	0,055	43,8	797
2725	0,018	9,9	549
2675	0,000	0,1	500
Gesamt	2,775	2876,7	1036

Tabelle 5: Flächen- und Winterbilanz- Höhenverteilung (Mittelwerte der Höhenstufen).

4.3. Jahresbilanz

Für die Jahresbilanz (01.10.2015 – 30.09.2016) 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 6 sind die Wasserwerte und die mittlere Dichte der Herbstschächte und aus Tabelle 7 die Wasserwerte der einzelnen Pegel zu entnehmen, bzw. deren Lage aus Abbildung 3. Wie bereits bei der Winterbilanz wurde auch für die Jahresbilanz der Wasserwert, aufgrund des Schneefälle im September 2015 mit den Neuschneewerten des Herbstschachtes 2015 korrigiert.

Schachtnummer	Tiefe [m]	Dichte [kg/m^3]	Wasserwert [mm]	korr. Wasserwert [mm]
1	0,63	516	325	287
2	1,91	476	909	867
3	0,49	464	227	153

Tabelle 6: Tiefe, mittlere Dichte und Wasserwert bzw. korrigierter Wasserwert der Herbstschächte. Korrektur nur bei Schacht 2 nötig.

Pegelnummer	Wasserwert [mm]	Pegelnummer	Wasserwert [mm]
1	-3051	10	-963
2	-1989	11	-1827
3	-1791	13	-1971
4	-2214	15	-1503
5	-1746	16	-891
6	-1773	17	-1854
7	-3987	19	-1458
8	-1557		

Tabelle 7: Wasserwerte der Ablation an den Pegeln (01.10.2015–30.09.2016).

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 7, 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 8 sind die Werte der Jahresbilanz zu entnehmen.

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 30.09.2016, die Gletschergrenze von 2015 sowie die Punkte der Sondierungen und Schächte im Herbst 2015 sind in Abbildung 7 grafisch dargestellt. In Abbildung 6 ist der Verlauf der Fläche, der Jahresbilanz und der spezifischen Bilanz pro Höhenstufe aufgezeichnet.

$$B = -2382,0 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

$$b = -858 \text{ mm}$$

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:

$$B_{so} = -5258,7 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

$$b_{so} = -1894 \text{ mm}$$

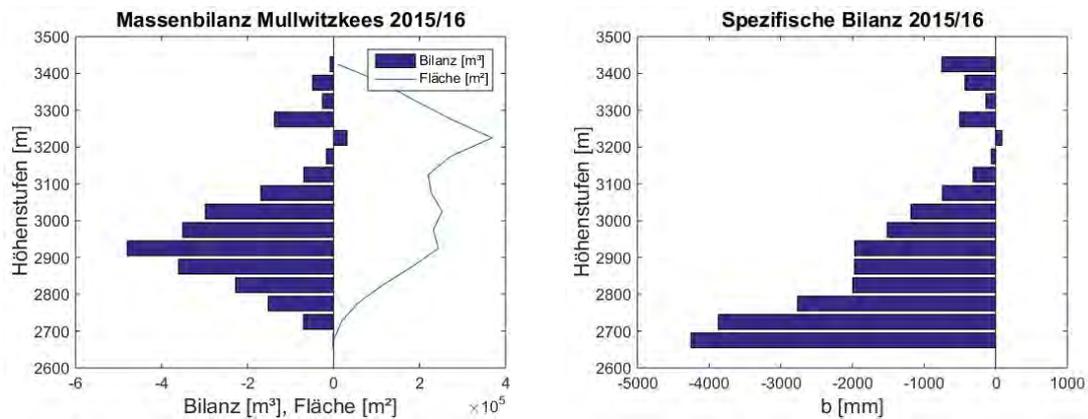


Abbildung 6: Nettobilanz [$10^5 m^3$] und Fläche [$10^5 m^2$] der Höhenstufen (links) und mittlere spezifische Bilanz [$mm ww$] der Höhenstufen (rechts) gültig für das hydrologische Jahr 2015/16 am Mullwitzkees.

Höhenstufe	Fläche [km^2]	Bilanz [$10^3 m^3$]	Wasserwert [mm]
3425	0,010	-7,4	-750
3375	0,114	-48,7	-427
3325	0,191	-25,7	-135
3275	0,274	-137,3	-501
3225	0,369	31,3	85
3175	0,272	-16,5	-61
3125	0,220	-69,2	-314
3075	0,227	-169,2	-744
3025	0,252	-298,2	-1182
2975	0,232	-350,9	-1512
2925	0,244	-479,7	-1969
2875	0,183	-360,2	-1970
2825	0,114	-227,8	-1995
2775	0,055	-151,8	-2764
2725	0,018	-69,9	-3869
2675	0,000	-0,9	-4250
Gesamt	2,775	-2382	-858

Tabelle 8: Flächen- und Jahresbilanz- Höhenverteilung (Mittelwerte der Höhenstufen).

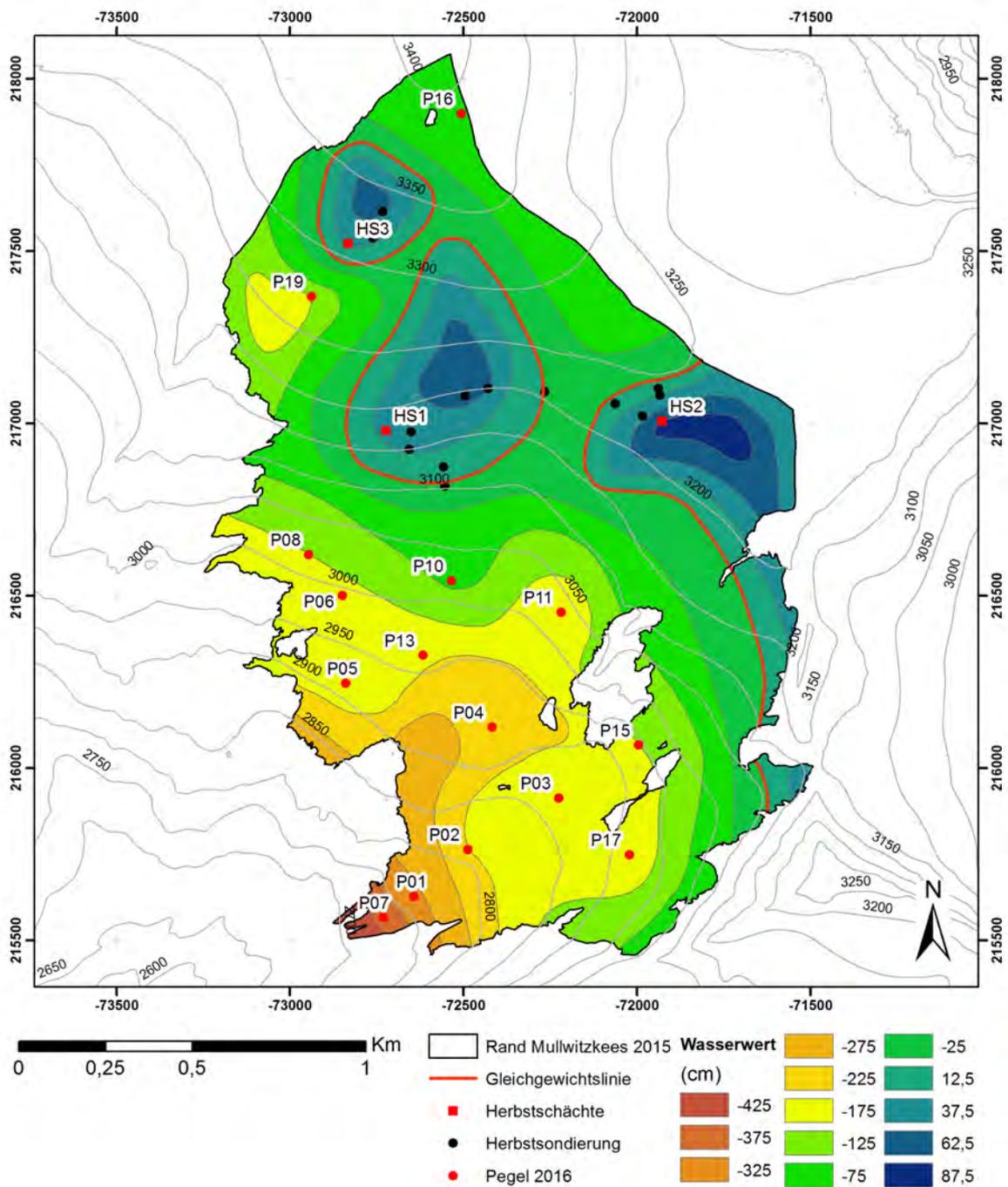


Abbildung 7: Flächen gleichen Wasserwertes der Jahresbilanz gültig für den 30.09.2016 und für die Gletschergrenze 2015, sowie Punkte der Sondierungen und Schächte im Herbst 2016.

5. Zusammenfassung der Ergebnisse

In Tabelle 9 sind die Ergebnisse der Jahres-, Winter- und Sommerbilanz, getrennt nach Ablations- und Akkumulationsgebiet zusammengefasst. Die Massenbilanz für 2015/16 liegt sehr gut im Mittelwert der vergangenen 10 Jahre, seit Beginn der Messungen 2006/07. Das Jahr 2015/16 zeichnete sich durch besonders späte und nur schwache Schneefälle im Winter aus. Daher musste für die Totalisatorablesung zum Jahresende, durchgeführt am 22.12.2015 (Abb. 8), sogar auf die Tourenschiausrüstung verzichtet werden. Anfang April wurde die noch immer gering mächtige Schneedecke durch ein besonders starkes Saharastaub-Ereignis deutlich eingefärbt, was auch zum Zeitpunkt der Frühjahrsbegehung an den Schneeschächten sehr gut zu sehen war (Abb. 2). Die unterdurchschnittlichen Neuschneemengen im Winter 2015/16 führten trotz einiger Schneefälle im April zu einer deutlich unterdurchschnittlichen Winterbilanz. Sehr späte und teilweise auch sehr ergiebige Neuschneemengen im Mai und Juni konnten einerseits das Gletschereis sehr lange schützen, bzw. auch den deutlichen Schmutzhorizont des Saharastaub-Ereignisses verdecken. So begann die Eisablation an der Zunge erst Ende Juni (Abb. 9). Am Plateau konnte sich der „späte“ Schnee bis Anfang August (Abb. 10), teilweise sogar bis Ende August halten. Zusätzlich sorgten zumindest zwei Neuschneefälle im August für eine schützende Schneedecke. Aufgrund der überdurchschnittlich hohen Temperaturen im September folgte noch eine deutliche Schnee bzw. Eisschmelze bis zu den Neuschneefällen Ende September, welche die Ablationsperiode beendeten.

	Jahresbilanz	Winterbilanz	Sommerbilanz	Einheit
S_c	0,631			km^2
B_c	205,2			$10^3 m^3$
b_c	325			mm
S_a	2,145			km^2
B_a	-2587,2			$10^3 m^3$
b_a	-1206			mm
S	2,776	2,776	2,776	km^2
B	-2382,0	2876,7	-5258,7	$10^3 m^3$
b	-858	1036	-1894	mm
S_c/S	0,227			
ELA	3196			m

Tabelle 9: Kennzahlen der Jahres-, Winter- und Sommerbilanz 2014/15.

	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
2013/14	1,727	0,134	776	1,205	-0,998	-829	2,931	0,343	117	-1044	1161	3044	0,589
2014/15	0,238	0,047	143	2,471	-4,523	-1830	2,798	-4,476	-1599	-2966	1367	> GN	0,117
2015/16	0,631	0,205	325	2,145	-2,587	-1206	2,776	-2,382	-858	-1894	1036	3196	0,227

Tabelle 10: Kennzahlen der Jahres-, Winter- und Sommerbilanz von 2006 bis 2016 (Stocker-Waldhuber et al., 2016); > GN = über Gipfelniveau.

6. Mitarbeiter

Die Feldarbeiten bzw. Totalisatorablesungen wurden von B. Seiser, J. Balassa, A. Jestl, K. Helfricht, E. Egger, S. Fercher, G. Ehrenmüller und M. Stocker-Waldhuber durchgeführt. Die Auswertung und der Bericht stammen von M. Stocker-Waldhuber. Vielen Dank an O. Heis für die Zurverfügungstellung von Fotoflügen. So konnten am 30.08.2016 Luftaufnahmen des Mullwitzkees erstellt werden (s. Abb. 17 – 19).

7. Ausblick

Eine Veröffentlichung der mittlerweile 10-jährigen Messreihe ist derzeit in Planung. Die Präsentation der Ergebnisse am 6th International Symposium for Research in Protected Areas 2017 in Salzburg wird angestrebt.

Literatur

Fischer, A., B. Seiser, M. Stocker-Waldhuber, C. Mitterer, und J. Abermann, 2015: Tracing glacier changes in Austria from the Little Ice Age to the present using a lidar-based high-resolution glacier inventory in Austria. *The Cryosphere*, **9**, 753–766.

Stocker-Waldhuber, M., A. Fischer, und M. Kuhn, 2016: Glacier mass balances and elevation zones of Mullwitzkees, Hohe Tauern, Austria, 2006/2007 to 2014/2015. doi:10.1594/PANGAEA.806662.

A. Anhang



Abbildung 8: Sehr geringe Schneebedeckung am 22.12.2015.



Abbildung 9: Beginnende Ausaperung an der Gletscherzunge am 30.06.2016.



Abbildung 10: Beginnende Ausaperung am Plateau am 02.08.2016.



Abbildung 11: Gletscherzunge am 09.09.2016



Abbildung 12: Blick von Pegel 17 Richtung Südwesten am 24.09.2016.



Abbildung 13: Blick vom Hohen Zaun Richtung Schlatenkees am 25.09.2016.



Abbildung 14: Blick vom Rainerhorn Richtung Südosten am 25.09.2016 (Inneres- (Rainerkees) und Äußeres Mullwitzkees).



Abbildung 15: Blick vom Hohen Aderl nach Südosten am 25.09.2016 (Inneres Mullwitzkees / Rainerkees).



Abbildung 16: Mullwitzkees am 25.09.2016 (Inneres Mullwitzkees / Rainerkees).



Abbildung 17: Luftaufnahme Mullwitzkees am 30.08.2016. Blickrichtung Westen.



Abbildung 18: Luftaufnahme Mullwitzkees am 30.08.2016. Blickrichtung Nordwesten.



Abbildung 19: Luftaufnahme Mullwitzkees am 30.08.2016. Blickrichtung Norden.



Abbildung 20: Luftaufnahme Mullwitzkees am 30.08.2016. Blickrichtung Norden.



Abbildung 21: Links: Herbstschacht 2 am 24.09.2016. Rechts: Frisch gestrichene Wetterhütte am 08.09.2016.