

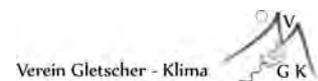
# ÄUSSERES MULLWITZKEES

MASSENHAUSHALT 2016/2017



Jahresbericht des Instituts für Interdisziplinäre Gebirgsforschung der  
Österreichischen Akademie der Wissenschaften

MAG. M. STOCKER-WALDHUBER, PD DR. A. FISCHER  
06.11.2017



## 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<sup>1/2</sup>  
martin.stocker-waldhuber@uibk.ac.at  
Tel.: +43(0)512 507 49457  
Fax.: +43(0)512 507 49499

PD Dr. Andrea Fischer<sup>1</sup>  
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](http://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

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

# **Äußeres Mullwitzkees, Massenhaushalt 2016/2017**

## **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 2016/17. 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.

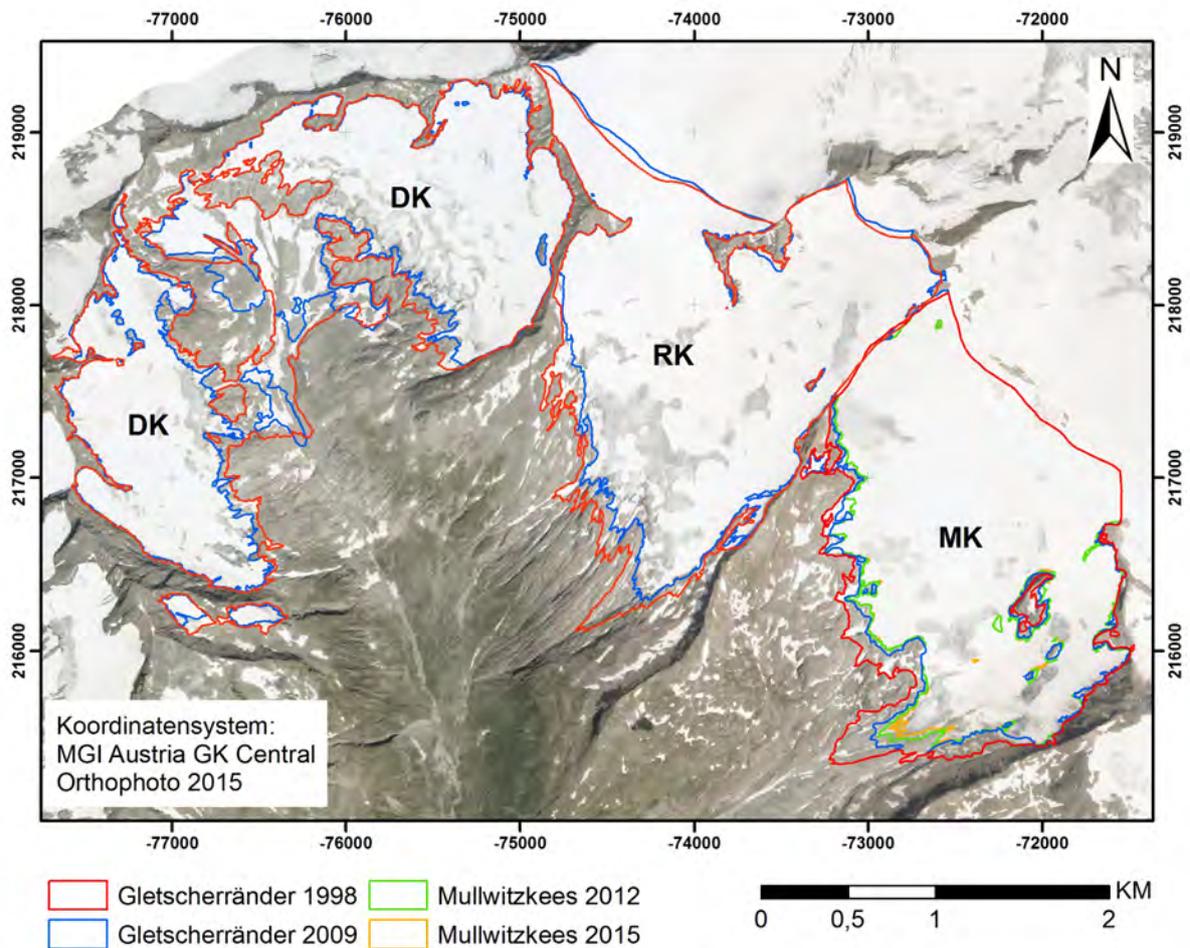


Abbildung 1: Einzugsgebiet des Dorferbachs im oberen Dorfertal, Koordinatensystem: MGI Austria GK Central, Orthophoto 2015 (Datenquelle: Land Tirol – data.gv.at). DK: Dorfer Kees, RK: Rainer Kees (Inneres Mullwitzkees), MK: Mullwitzkees (Äußeres Mullwitzkees, die Zunge wird auch als Zettalunitzkees bezeichnet.)

## 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: Frühjahrsschacht 1 (links) und Frühjahrsschacht 3 (rechts) am 30.04.2017.

## **3. Durchgeführte Arbeiten**

### **3.1. Pegelablesungen**

Die bereits vorhandenen Pegel wurden in der Ablationsperiode 2017 regelmäßig abgelesen bzw. die Pegel 1 bis 5, P08, P11 und P15 je 8 m neu gebohrt. Der Hilfspegel, der bei Schachtposition 3 aufgrund der starken Schneeschmelze im Sommer 2015 gebohrt wurde, konnte wie bereits im Vorjahr auch zur Herbstbegehung 2017 abgelesen werden. Die Ablesungen und die Erneuerungen der Pegel wurden am 24.09.2016, 09.07.2017, 04.08.2017, 30-31.08.2017, und am 21.09.2017 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 30. April und 01. Mai 2017 durchgeführt. Nach der Fahrt mit dem Venedigertaxi bis oberhalb des zweiten Steinbruchs, erfolgte der weitere Aufstieg zu Fuß über die Johannishütte zum Defreggerhaus und weiter bis Schacht 3. Aufgeteilt in 2 Gruppen wurden die Schächte 3, 2 und 1 gegraben und die Schneehöhen im oberen Gletscherbereich sondiert. Nach der Übernachtung im Defreggerhaus erfolgte, wieder aufgeteilt in zwei Gruppen, die Sondierung im unteren Gletscherbereich bis zur Gletscherzunge, wo auch Schacht 4 gegraben wurde. Das Wetter an beiden Tagen: Allgemein sonnig und kühl bei windstillen bis leicht windigen Bedingungen im Vorfeld einer Kaltfront aus NW.

### **3.3. Herbstbegehung**

Bei der Herbstbegehung werden zur Bestimmung der Jahresbilanz Schneeschächte gegraben, Sondierungen durchgeführt und die Ablationspegel abgelesen. Die Herbstbegehung fand am 21. und 22. September 2017 statt. Vom Defreggerhaus ausgehend wurden die alle Pegel im unteren Gletscherbereich abgelesen. Nach der „unteren Pegelrunde“ erfolgte der weitere Aufstieg über die Schächte 1, 2 und über P16 bis Schacht 3. In diesen Bereichen wurden auch die Schneehöhen sondiert. Zum Zeitpunkt der Herbstbegehung lagen am gesamten Gletscher ca. 30 – 70 cm Neuschnee, was auch die Durchführung mit Ski ermöglichte. Aufgrund der starken Schnee- und Eisschmelze im Sommer war nur noch bei Schacht 2 eine gering mächtige Rücklage vorhanden. Das Wetter zum Zeitpunkt der Herbstbegehung: Starker Nordföhn an beiden Tagen. An den Nachmittagen sonnig.

### 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 21.09.2017 ausgetauscht (neu: SN.: 20162601).

	Messung [ <i>cm</i> ]					Bemerkung	Niederschlag [ <i>mm</i> ]
Datum	1	2	3	4	5		
24.09.2016	66,0	66,0	66,1	66,1	66,1	neu befüllt	
01.04.2017	47,8	47,8	47,9	47,9	47,9		593
01.05.2017	43,8	43,8	43,9	43,9	43,9		723
03.06.2017	39,6	39,6	39,7	39,7	39,7		860
09.07.2017	33,7	33,7	33,8	33,8	33,8		1053
04.08.2017	29,1	29,1	29,2	29,2	29,2		1204
30.08.2017	23,6	23,6	23,7	23,7	23,7		1384
30.08.2017	37,5	37,5	37,6	37,6	37,6	abgelassen	
22.09.2017	32,5	32,5	32,6	32,6	32,6		1548

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.

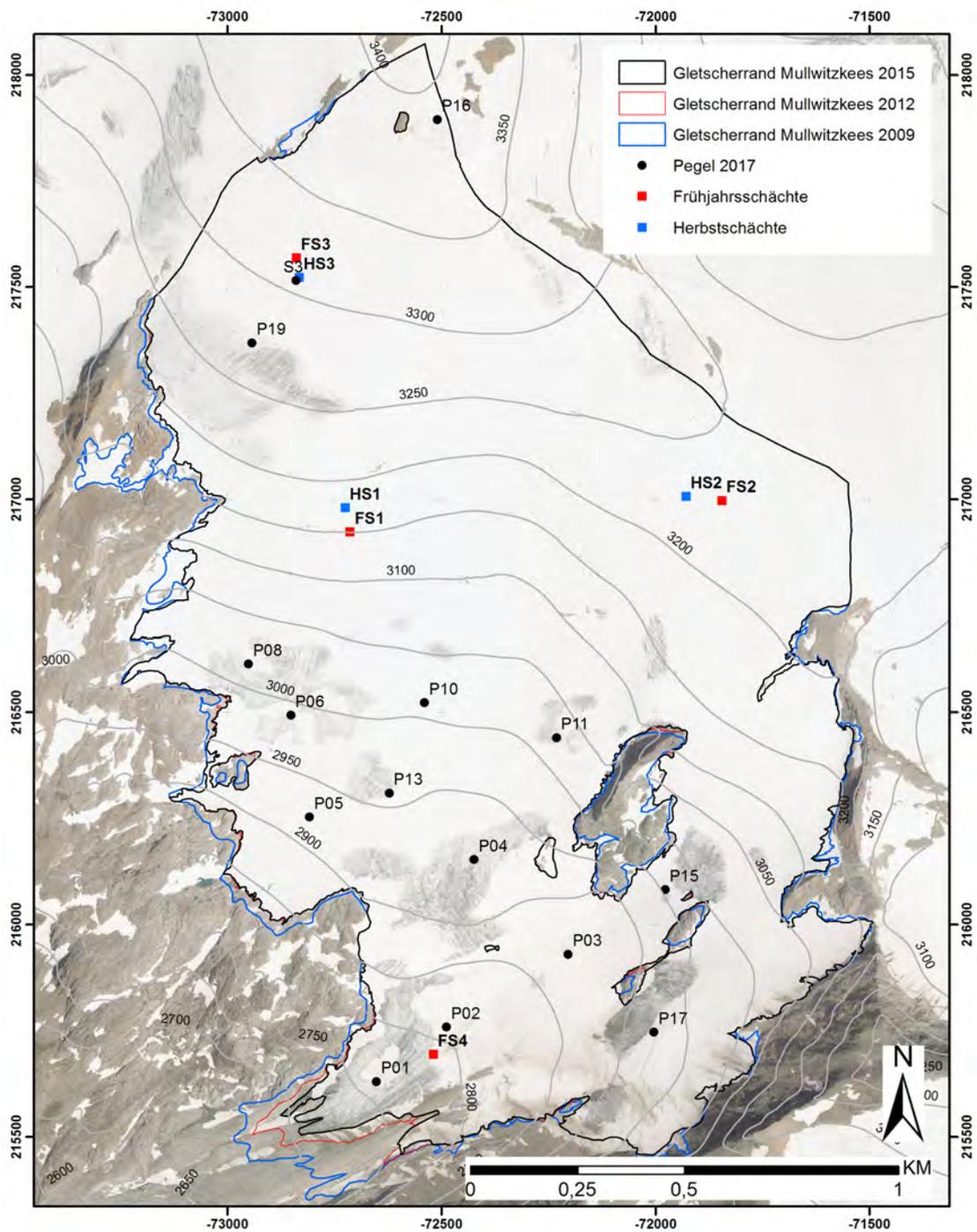


Abbildung 3: Mullwitzkees mit Gletschergrenzen von 2009, 2012 und 2015; Lage der Pegel, der Frühjahrs- und Herbstschächte. Hintergrund: Orthophoto 2015, Datenquelle: Land Tirol – data.tirol.gv.at.

## 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 2016 wurde an den jeweiligen Frühjahrsschächten abgezogen. Somit ist der korrigierte Wasserwert für die Akkumulationsperiode zwischen 01.10.2016 und 30.04.2017 gültig.

Schachtnummer	Tiefe [m]	Dichte [ $kg/m^3$ ]	Wasserwert [mm]	korr. Wasserwert [mm]
1	4,18	405	1692	1630
2	2,95	377	1113	1040
3	2,01	367	738	692
4	2,60	383	996	996

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

Aus Tabelle 5 sind die Werte der Winterbilanz, gültig von 01.10.2016 bis 30.04.2017, zu entnehmen. Die Winterbilanz  $B_{wi} = 2880,8 \cdot 10^3 m^3$  ergibt sich aus der Summe der Bilanzwerte der einzelnen Höhenstufen. Für die Akkumulationsperiode 2016/17 ergab sich eine mittlere spezifische Bilanz von  $b_{wi} = 1038 mm$ . In Abbildung 4 sind die Flächen gleichen Wasserwertes gültig für den 30.04.2017 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 2016/17 sind in Abbildung 5 aufgezeichnet.

$$B_{wi} = 2880,8 \cdot 10^3 m^3$$
$$b_{wi} = 1038 mm$$

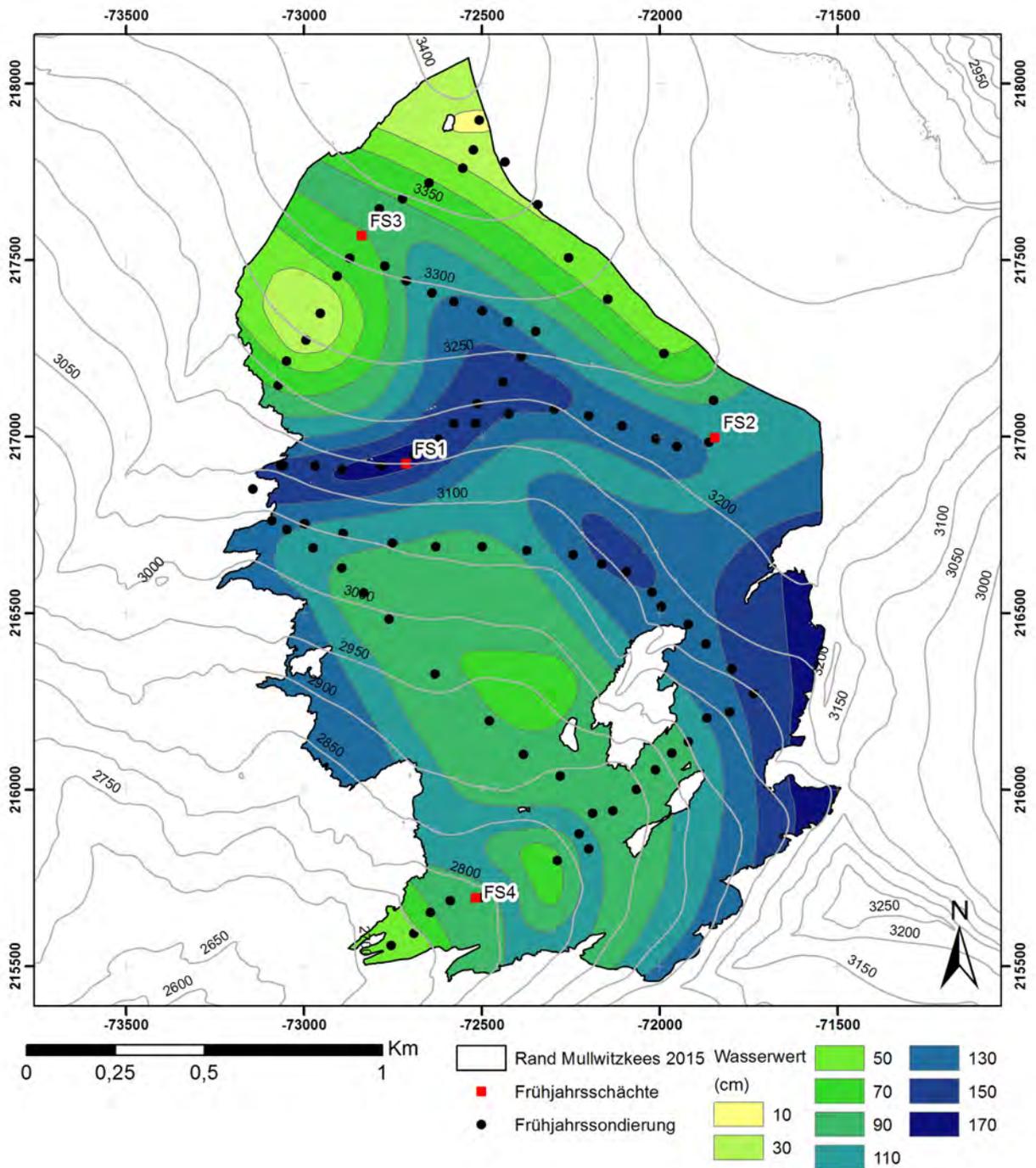


Abbildung 4: Flächen gleichen Wasserwertes der Winterbilanz gültig für den 30.04.2017 und für die Gletschergrenze 2015, sowie Punkte der Sondierungen und Schächte.

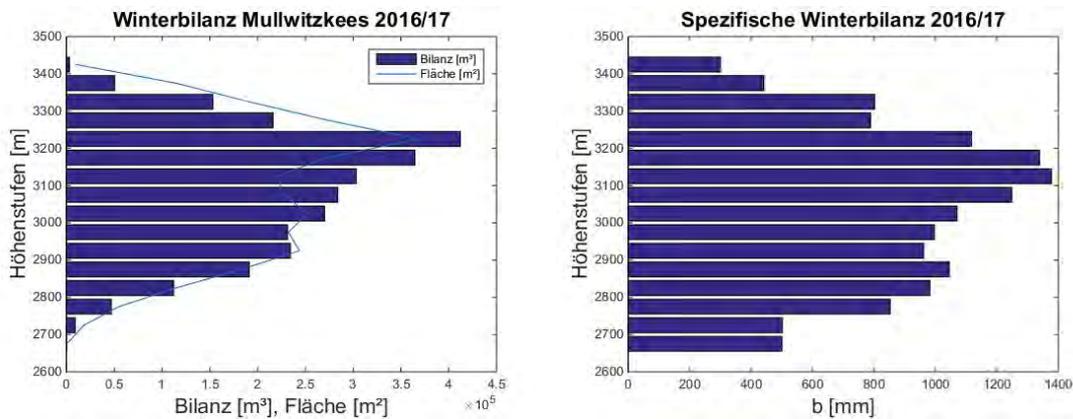


Abbildung 5: Nettobilanz [ $10^5 m^3$ ] und Fläche [ $10^5 m^2$ ] der Höhenstufen (links) und mittlere spezifische Bilanz [ $mm ww$ ] der Höhenstufen (rechts) gültig für den Winter des hydrologischen Jahres 2016/17 am Mullwitzkees.

Höhenstufe	Fläche [ $km^2$ ]	Bilanz [ $10^3 m^3$ ]	Wasserwert [ $mm$ ]
3425	0,010	3,0	300
3375	0,114	50,4	441
3325	0,191	153,1	802
3275	0,274	216,0	789
3225	0,369	412,1	1117
3175	0,272	364,6	1339
3125	0,220	303,1	1377
3075	0,227	283,8	1248
3025	0,252	270,1	1070
2975	0,232	231,2	996
2925	0,244	234,2	961
2875	0,183	191,2	1046
2825	0,114	112,1	982
2775	0,055	46,8	852
2725	0,018	9,1	501
2675	0,000	0,1	500
Gesamt	2,775	2880,8	1038

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

### 4.3. Jahresbilanz

Für die Jahresbilanz (01.10.2016 – 30.09.2017) 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 2016 mit den Neuschneewerten der Herbstschächte 2016 korrigiert. Zum Zeitpunkt der Herbstbegehung war nur bei Schacht 2 eine Rücklage vorhanden. Bei Schacht 3 wurde mit einem Hilfspegel die Ablation bestimmt.

Schachtnummer	Tiefe [m]	Dichte [ $\text{kg/m}^3$ ]	Wasserwert [mm]	korr. Wasserwert [mm]
1	–	–	–	-250
2	0,86	425	366	282
3	–	–	–	-797

Tabelle 6: Tiefe, mittlere Dichte und Wasserwert bzw. korrigierter Wasserwert der Herbstschächte. Eine Rücklage war nur bei Schacht 2 vorhanden.

Pegelnummer	Wasserwert [mm]	Pegelnummer	Wasserwert [mm]
1	-3650	11	-2166
2	-2441	13	-2412
3	-2315	15	-2589
4	-2769	16	-1450
5	-2608	17	-1797
6	-2144	19	-2059
8	-2991	Schacht 3	-797
10	-1106		

Tabelle 7: Wasserwerte der Ablation an den Pegeln (01.10.2016–30.09.2017).

Zusätzlich werden im Rahmen der Herbstbegehung Sondierungen durchgeführt, um die Verteilung der Altschneedecke zu bestimmen. Mit Hilfe von Fotos, den Sondierungen und den einzel-

nen 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. Die rote Linie (Gleichgewichtslinie) markiert den Übergang zwischen Akkumulations- und Ablationsgebiet, wobei im Sommer 2017 nahezu keine Rücklagen vorhanden waren. 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 30.09.2017, die Gletschergrenze von 2015 sowie die Punkte der Sondierungen und Schächte im Herbst 2017 sind in Abbildung 7 grafisch dargestellt. In Abbildung 6 ist der Verlauf der Fläche, der Jahresbilanz und der spezifischen Bilanz pro Höhenstufe aufgezeichnet.

$$B = -3720,5 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

$$b = -1340 \text{ mm}$$

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:

$$B_{so} = -6601,3 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

$$b_{so} = -2378 \text{ mm}$$

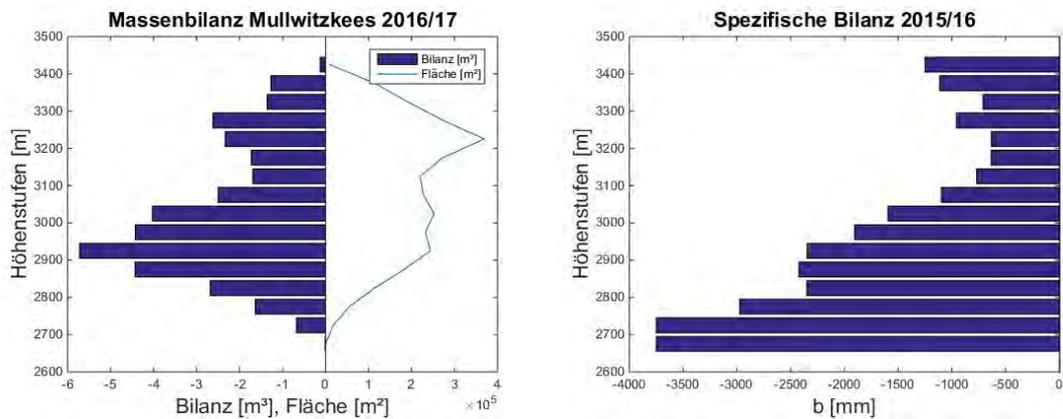


Abbildung 6: Nettobilanz [ $10^5 m^3$ ] und Fläche [ $10^5 m^2$ ] der Höhenstufen (links) und mittlere spezifische Bilanz [ $mm ww$ ] der Höhenstufen (rechts) gültig für das hydrologische Jahr 2016/17 am Mullwitzkees.

Höhenstufe	Fläche [ $km^2$ ]	Bilanz [ $10^3 m^3$ ]	Wasserwert [ $mm$ ]
3425	0,010	-12,3	-1250
3375	0,114	-127,0	-1112
3325	0,191	-135,6	-710
3275	0,274	-261,8	-956
3225	0,369	-233,2	-632
3175	0,272	-172,4	-633
3125	0,220	-169,0	-768
3075	0,227	-249,7	-1098
3025	0,252	-402,4	-1594
2975	0,232	-442,3	-1906
2925	0,244	-572,0	-2347
2875	0,183	-442,9	-2422
2825	0,114	-268,2	-2349
2775	0,055	-163,3	-2973
2725	0,018	-67,8	-3750
2675	0,000	-0,8	-3750
<b>Gesamt</b>	<b>2,775</b>	<b>-3720,5</b>	<b>-1340</b>

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

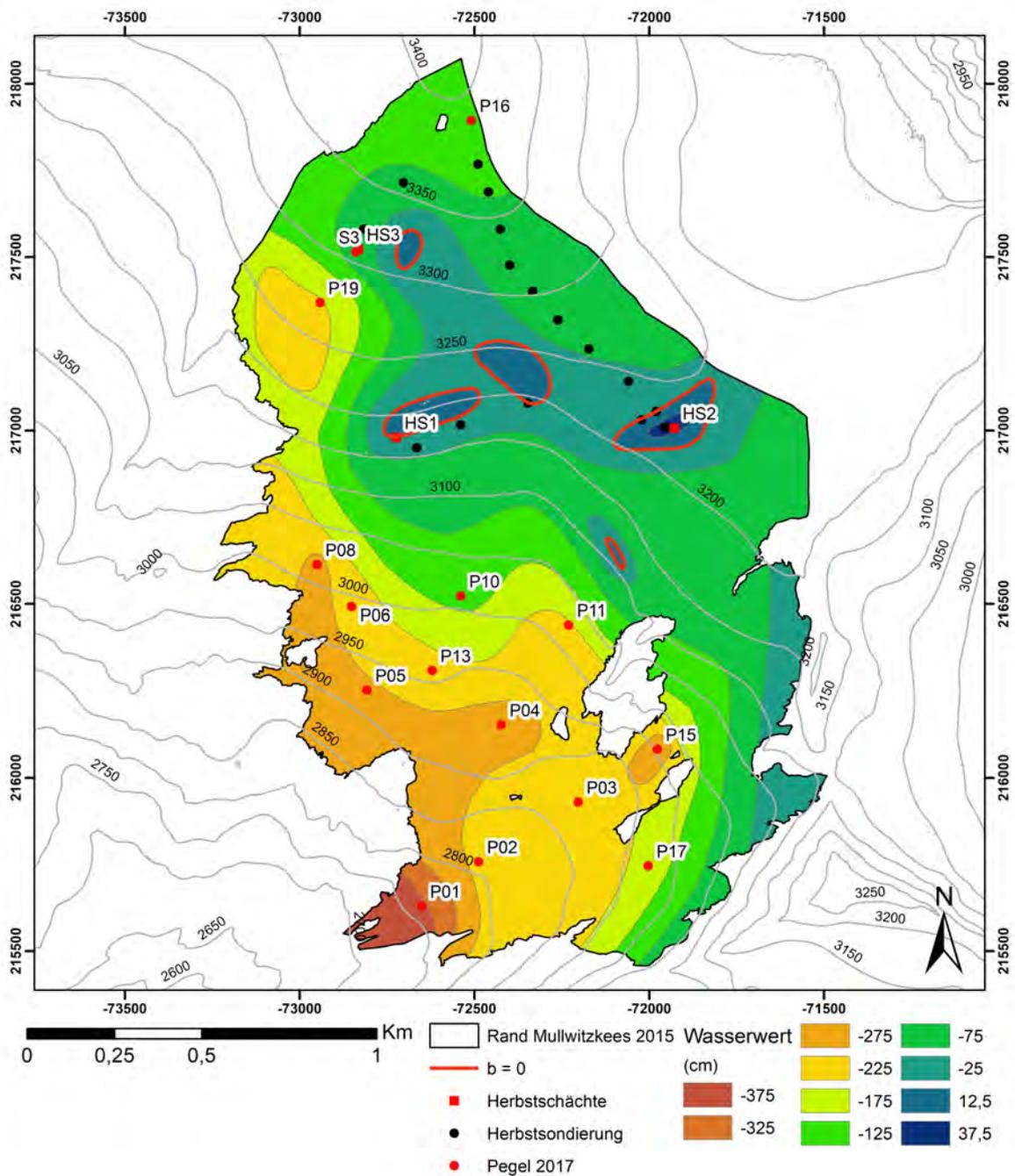


Abbildung 7: Flächen gleichen Wasserwertes der Jahresbilanz gültig für den 30.09.2017 und für die Gletschergrenze 2015, sowie Punkte der Sondierungen und Schächte im Herbst 2017.

## 5. Zusammenfassung der Ergebnisse

In Tabelle 9 sind die Ergebnisse der Jahres-, Winter- und Sommerbilanz, getrennt nach Ablations- und Akkumulationsgebiet zusammengefasst. Der Massenhaushalt 2016/17 ist der dritt-negativste seit Beginn der Messungen 2006/07. Das Jahr 2016/17 zeichnete sich ähnlich wie das Vorjahr durch besonders späte und nur schwache Schneefälle im Winter aus. Bereits im Juni begann die Eisablation im untersten Zungenbereich und erstreckte sich bis Ende August, bis auf kleine Gebiete mit Rücklagen, über den gesamten Gletscher. Zu diesem Zeitpunkt wurde auch die maximale Ausaperung erreicht. Häufige Neuschneefälle ab Anfang September verringerten bzw. verhinderten die weitere Eisablation und verhinderten auch das vollständige Abschmelzen der Winterrücklagen am Gletscher. Dennoch liegt die Massenbilanz an dritt-negativster Stelle, was vor allem auf die starke Ablation im Juli und August und die geringen Neuschneemengen im Winter als „schlechte Basis“ zurückzuführen ist. Die Gleichgewichtslinie am Mullwitzkees lag in diesem Jahr zum vierten Mal seit Beginn der Messungen über Gipfelniveau.

	Jahresbilanz	Winterbilanz	Sommerbilanz	Einheit
$S_c$	0,084			$km^2$
$B_c$	11,7			$10^3 m^3$
$b_c$	140			$mm$
$S_a$	2,692			$km^2$
$B_a$	-3732,3			$10^3 m^3$
$b_a$	-1386			$mm$
$S$	2,776	2,776	2,776	$km^2$
$B$	-3720,5	2880,8	-6601,3	$10^3 m^3$
$b$	-1340	1038	-2378	$mm$
$S_c/S$	0,030			
$ELA$	$> GN$			$m$

Tabelle 9: Kennzahlen der Jahres-, Winter- und Sommerbilanz 2016/17;  $> GN$ : über Gipfelniveau.

	$S_c$ $km^2$	$B_c$ $10^6 m^3$	$b_c$ $mm$	$S_a$ $km^2$	$B_a$ $10^6 m^3$	$b_a$ $mm$	$S$ $km^2$	$B$ $10^6 m^3$	$b$ $mm$	$b_s$ $mm$	$b_w$ $mm$	$ELA$ $m$	$S_c/S$
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
2016/17	0,084	0,012	140	2,692	-3,732	-1386	2,776	-3,721	-1340	-2378	1038	> GN	0,030

Tabelle 10: Kennzahlen der Jahres-, Winter- und Sommerbilanz von 2006 bis 2017 (Stocker-Waldhuber et al., 2016); > GN: über Gipfelniveau.

## 6. MitarbeiterInnen

Die Feldarbeiten bzw. Totalisatorablesungen wurden von B. Seiser, A. Jestl, L. Hartl, E. Lemmerer, M. Hoy, C. Stocker-Waldhuber und M. Stocker-Waldhuber durchgeführt. Die Auswertung und der Bericht stammen von M. Stocker-Waldhuber.

## 7. Ausblick

Die Ergebnisse der mittlerweile 11-jährigen Messreihe wurden beim „6th International Symposium for Research in Protected Areas 2017“ in Salzburg (02-03.11.2017) präsentiert und sind im Tagungsband veröffentlicht.

## 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: Das Mullwitzkees zum Zeitpunkt der Frühjahrsbegehung am 30.04.2017.



Abbildung 9: Das Mullwitzkees zum Zeitpunkt der Frühjahrsbegehung am 01.05.2017. Blick vom Gletscher oberhalb P15 in Richtung Zettalunitz.



Abbildung 10: Noch geschlossenen Schneedecke am Gletscher am 03.06.2017.



Abbildung 11: Bereits starke Ausaperung auf der Zunge am 09.07.2017.



Abbildung 12: Ausaperung bis knapp unterhalb des Gletscherplateaus am 04.08.2017. Blick von P04 Richtung Norden.



Abbildung 13: Blick vom Rainerhorn Richtung Südosten am 31.08.2017 (Inneres- (Rainerkees) und Äußeres Mullwitzkees) zum Zeitpunkt der maximalen Ausaperung.



Abbildung 14: Blick vom Mullwitzaderl Richtung Südosten am 31.08.2017 (Dorferkees und Inneres Mullwitzkees (Rainerkees)) zum Zeitpunkt der maximalen Ausaperung.



Abbildung 15: Mullwitzkees am 31.08.2017 zum Zeitpunkt der maximalen Ausaperung.



Abbildung 16: Pegel 16 mit Blickrichtung Hoher Zaun zum Zeitpunkt der Herbstbegehung am 21.09.2017.



Abbildung 17: Herbstschacht 2 (links) und Pegel am Herbstschacht 3 (rechts) am 21.09.2017.