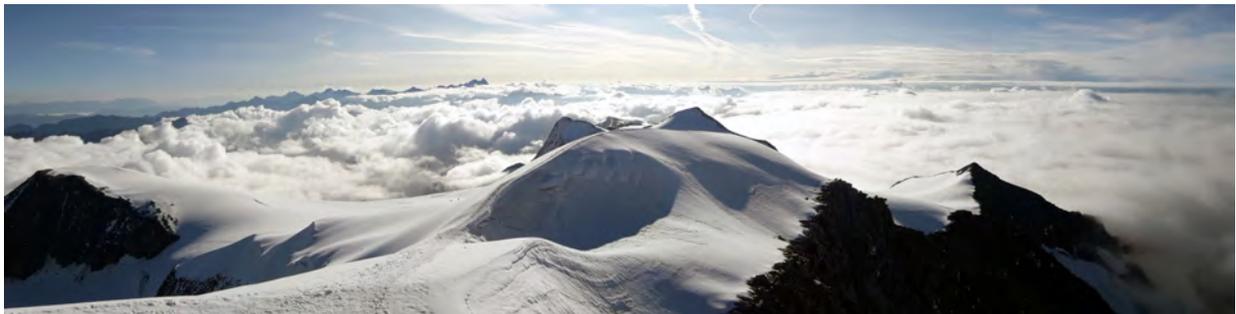


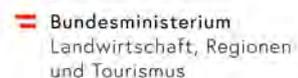
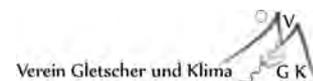
ÄUSSERES MULLWITZKEES

MASSENHAUSHALT 2019/2020



Jahresbericht des Instituts für Interdisziplinäre Gebirgsforschung der
Österreichischen Akademie der Wissenschaften

DR. M. STOCKER-WALDHUBER, PD DR. A. FISCHER
19.11.2020



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

Dr. Martin Stocker-Waldhuber¹
martin.stocker-waldhuber@oeaw.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

Inhaltsverzeichnis

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	7
4. Auswertung	10
4.1. Definitionen	10
4.2. Winterbilanz	12
4.3. Jahresbilanz	15
5. Zusammenfassung der Ergebnisse	19
6. MitarbeiterInnen	21
7. Ausblick	21
A. Anhang	22

Äußeres Mullwitzkees, Massenhaushalt 2019/2020

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 2019/20. 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 Orthofotos für die Jahre 2009, 2012, 2015 und 2018 (Datenquelle Orthofotos: Land Tirol – data.gv.at) neu kartiert.

Fläche 1998: 3,24 km ²	Fläche 2015: 2,78 km ²
Fläche 2009: 2,93 km ²	Fläche 2018: 2,56 km ²
Fläche 2012: 2,80 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). Mit der Neukartierung der Gletschergrenze für das Jahr 2018 änderte sich die Höhe der Gletscherzunge auf 2730 m, allerdings bezogen auf das digitale Höhenmodell von 2008. 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 Orthofoto von 2018 (Datenquelle: Land Tirol – data.gv.at) und den Gletschergrenzen der Inventare von 1998 und 2009 (Fischer et al., 2015) sowie 2018.

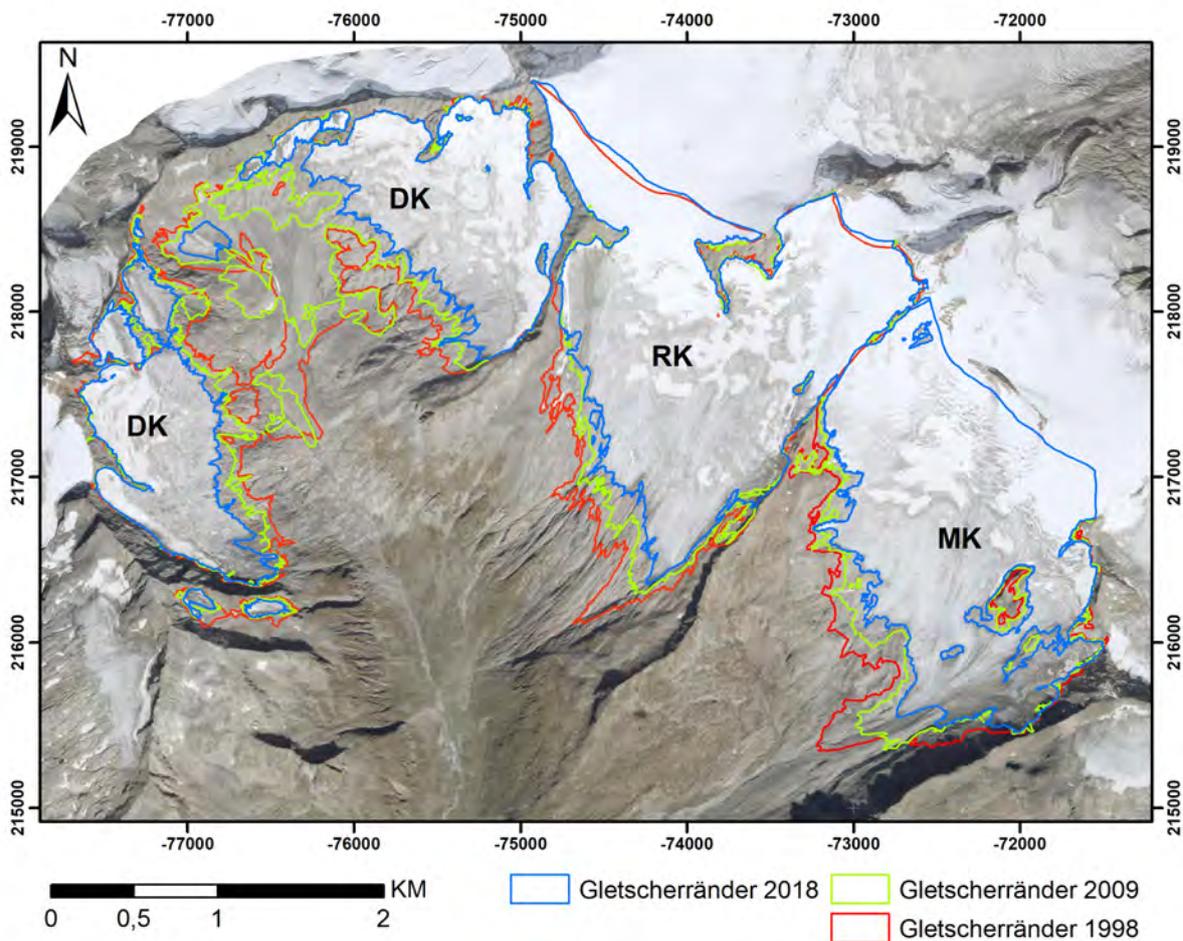


Abbildung 1: Einzugsgebiet des Dorferbachs im oberen Dorfertal, Koordinatensystem: MGI Austria GK Central, Orthofoto 2018 (Datenquelle: Land Tirol – data.gv.at). DK: Dorfer Kees, RK: Rainer Kees (Inneres Mullwitzkees), MK: Mullwitzkees (Äußeres Mullwitzkees, die Zunge wird auch als Zettalunitzkees bezeichnet.)

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).

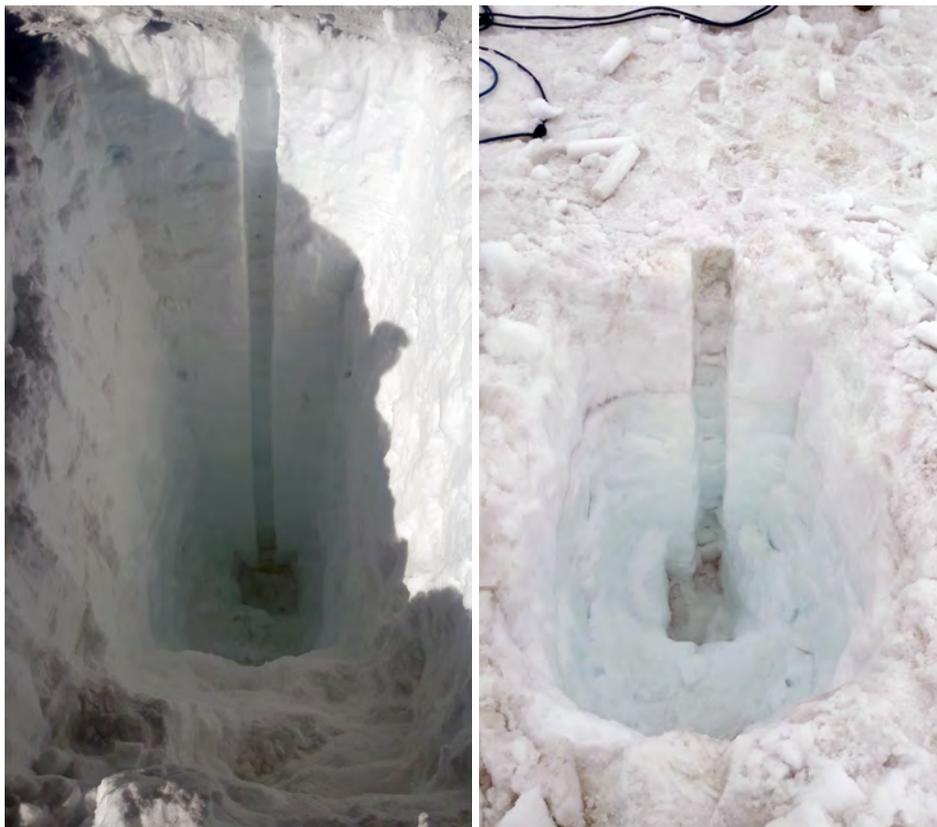


Abbildung 2: Schneedeckenvergleich an Schachtposition 2 im Frühjahr (links) am 23.04.2020 und Herbst (rechts) am 22.09.2020.

3. Durchgeführte Arbeiten

3.1. Pegelablesungen

Die bereits vorhandenen Pegel wurden in der Ablationsperiode 2020 regelmäßig abgelesen. Keiner der Pegel musste in diesem Sommer neu gebohrt werden. Die Ablesungen wurden am 21-22.09.2019, 06.07.2020, 10.08.2020, 04.09.2020 und am 21-22.09.2020 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 von 23-24. April 2020 durchgeführt. Im Rahmen der Frühjahrsbegehung wurden 4 Schneeschächte gegraben, sowie Sondierungen der Schneehöhen am Gletscher durchgeführt. Das Wetter an beiden Tagen: gering bewölkt und windschwach; klare Nacht; zunehmende Quellbewölkung am 23. April am Nachmittag.

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 2020 statt. Es wurden 3 Schneeschächte gegraben, Sondierungen der Schneehöhen durchgeführt und alle Ablationspegel auch am Gipfelgrat des Großvenedigers abgemessen. Das Wetter zum Zeitpunkt der Herbstbegehung: starke Konvektion am 21.09 mit geringem Niederschlag in der Nacht; ansteigender Hochnebel am 22.09 (Wolkenuntergrenze ca. 3000m).

3.4. Wetterstation und Totalisator

Wichtige Parameter, die das Haushaltsjahr des Gletschers bestimmen sind unter anderem die Temperatur und der Niederschlag. Diese werden in der Wetterhütte und am Totalisator in der Nähe des Defreggerhauses gemessen (für den Niederschlag am Totalisator s. Tab. 1). Am 09.08.2020 wurde die Wetterhütte am Defreggerhaus zur vollautomatischen Wetterstation ausgebaut und mit zusätzlichen Instrumenten ausgestattet. Aufgezeichnet werden 10-Minuten Werte (je 1 Messung pro Minute) von Lufttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Windrichtung- und Geschwindigkeit, sowie Schneehöhe mittels Ultraschall. Zusätzlich wird der Niederschlag mittels unbeheizter Niederschlagswippe gemessen. Die Daten werden über das

Mobilfunknetz übertragen und sind über die Datenbank „Wiski“ des Landes Tirol verfügbar (Abb. 4). Der Ausbau der Wetterstation wurde nach Genehmigung eines Forschungsantrags von der Dr. Anton Oelzelt-Newin’schen Stiftung der ÖAW finanziert. Im Zuge der Erweiterung wurde auch, die in die Jahre gekommene und durch Wind stark beschädigte Wetterhütte (Abb. 3), durch eine neue Hütte des Hydrographischen Dienstes ausgetauscht (Abb. 19).

	Messung [cm]					Bemerkung	Niederschlag [mm]
Datum	1	2	3	4	5		
22.09.2019	67,0	67,0	67,1	67,1	67,1	neu befüllt	0
03.01.2020	52,0	52,0	52,1	52,1	52,1		489
23.04.2020	46,9	46,9	47,0	47,0	47,0		654
01.06.2020	42,4	42,4	42,5	42,5	42,5		800
06.07.2020	35,9	35,9	36,0	36,0	36,0		1013
10.08.2020	29,3	29,3	29,4	29,4	29,4		1229
04.09.2020	24,4	24,4	24,5	24,5	24,5		1390
21.09.2020	22,3	22,3	22,4	22,4	22,4		1455

Tabelle 1: Auslesung Totalisator (Abstichmaß von oben) und Niederschlag.



Abbildung 3: Durch Wind beschädigte Wetterhütte am 03.01.2020.

Defreggerhaus, 2978m (Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung ÖAW)

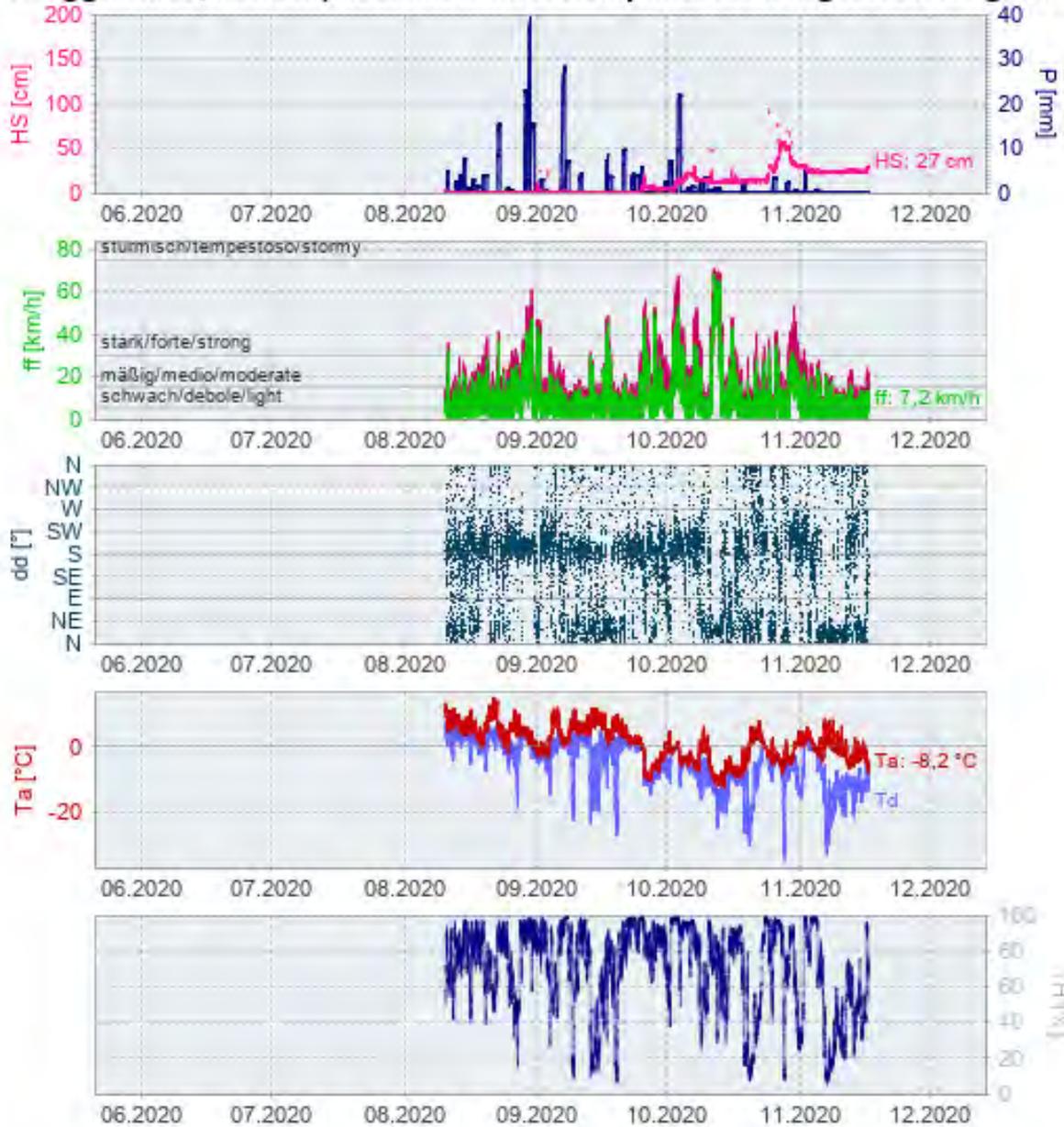


Abbildung 4: Ausschnitt der bisher über die Datenbank „Wiki“ des Landes Tirol veröffentlichten Parameter der Wetterstation (www.lawis.at/station).

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.

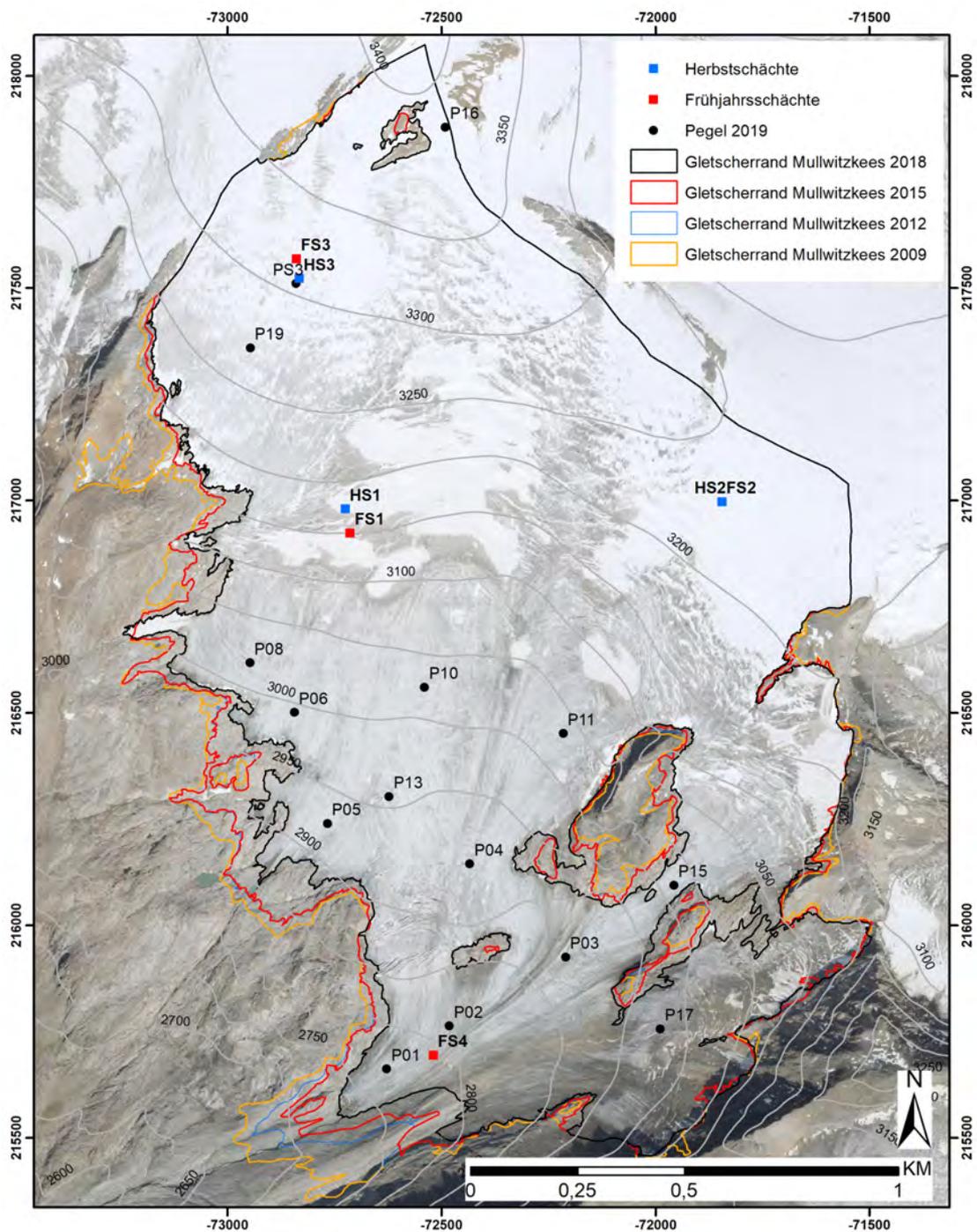


Abbildung 5: Mullwitzkees mit Gletschergrenzen von 2009, 2012, 2015 und 2018; Lage der Pegel, der Frühjahrsschächte und Herbstschächte. Hintergrund: Orthofoto 2018, Datenquelle: Land Tirol – data.tirol.gv.at.

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 5. Der korrigierte Wasserwert der Schneeschächte ist für die Akkumulationsperiode zwischen 01.10.2019 und 30.04.2020 gültig. Darin enthalten ist auch der Wasserwert des Neuschnees in der Zeit zwischen Frühjahrsbegehung (23-24. April) und 30. April aus Daten der Frühjahrsbegehung am benachbarten Venedigerkees.

Schachtnummer	Tiefe [m]	Dichte [kg/m^3]	Wasserwert [mm]	korr. Wasserwert [mm]
1	3,86	522	2015	2110
2	3,67	451	1655	1751
3	2,94	440	1294	1389
4	1,86	469	872	967

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

Aus Tabelle 5 sind die Werte der Winterbilanz, gültig von 01.10.2019 bis 30.04.2020, zu entnehmen. Die Winterbilanz $B_{wi} = 3457,8 \cdot 10^3 m^3$ ergibt sich aus der Summe der Bilanzwerte der einzelnen Höhenstufen. Für die Akkumulationsperiode 2019/20 ergab sich eine mittlere spezifische Bilanz von $b_{wi} = 1348 mm$. In Abbildung 6 sind die Flächen gleichen Wasserwertes gültig für den 30.04.2020 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 2019/20 sind in Abbildung 7 aufgezeichnet.

$$B_{wi} = 3457,8 \cdot 10^3 m^3$$

$$b_{wi} = 1348 mm$$

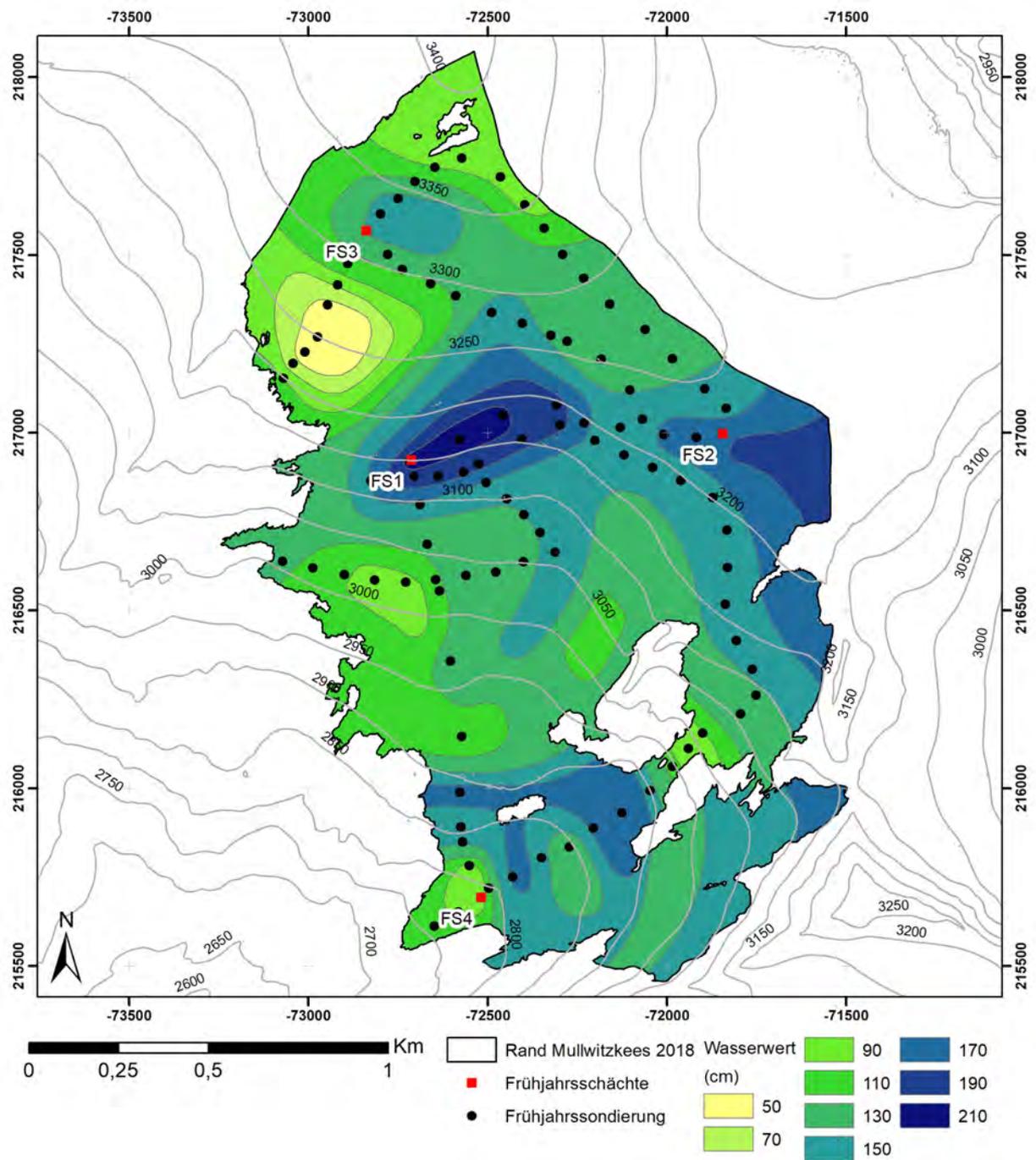


Abbildung 6: Flächen gleichen Wasserwertes der Winterbilanz gültig für den 30.04.2020 und für die Gletschergrenze 2018, sowie Punkte der Sondierungen und Schächte.

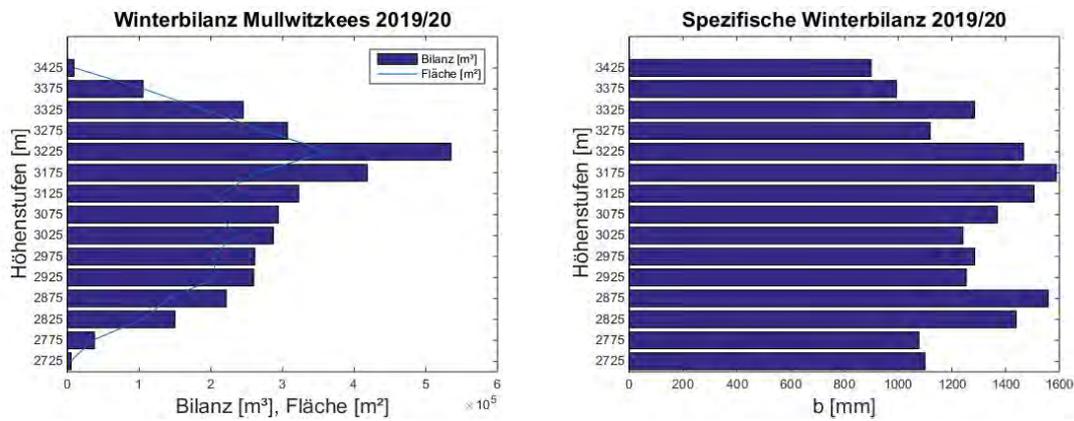


Abbildung 7: Nettobilanz [$10^5 m^3$] und Fläche [$10^5 m^2$] der Höhenstufen (links) und mittlere spezifische Bilanz [$mm ww$] der Höhenstufen (rechts) gültig für den Winter des hydrologischen Jahres 2019/20 am Mullwitzkees.

Höhenstufe	Fläche [km^2]	Bilanz [$10^3 m^3$]	Wasserwert [mm]
3425	0,010	8,9	900
3375	0,106	105,3	994
3325	0,191	245,2	1284
3275	0,274	306,6	1119
3225	0,365	535,0	1467
3175	0,263	418,4	1588
3125	0,214	322,4	1506
3075	0,215	294,2	1369
3025	0,231	287,3	1242
2975	0,203	261,2	1285
2925	0,207	259,9	1254
2875	0,142	221,4	1558
2825	0,104	149,7	1440
2775	0,035	37,5	1078
2725	0,004	4,8	1100
Gesamt	2,564	3457,8	1348

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

4.3. Jahresbilanz

Für die Jahresbilanz (01.10.2019 – 30.09.2020) 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 5. Zum Zeitpunkt der Herbstbegehung waren an allen Schachtpositionen Rücklagen vorhanden. Die korrigierten Wasserwerte sind für die Jahresbilanz von 01.10.2019 bis 30.09.2020 gültig. Wie bereits bei der Frühjahrsbegehung, wurden auch die Wasserwerte der Herbstschächte mit Hilfe von Neuschneedaten der Herbstbegehung am Venedigerkees für den 30.09.2020 korrigiert.

Schachtnummer	Tiefe [m]	Dichte [kg/m^3]	Wasserwert [mm]	korr. Wasserwert [mm]
1	0,93	571	531	643
2	1,67	560	935	1048
3	0,74	527	390	502

Tabelle 6: Tiefe, mittlere Dichte und Wasserwert bzw. korrigierter Wasserwert der Herbstschächte.

Pegelnummer	Wasserwert [mm]	Pegelnummer	Wasserwert [mm]
1	-3020	11	-1661
2	-1760	13	-1661
3	-239	15	-2300
4	-1994	16	R
5	-2219	17	-1328
6	-1535	19	-1049
8	-1949	Schacht 3	R
10	-1292		

Tabelle 7: Wasserwerte der Ablation an den Pegeln (01.10.2019–30.09.2020); R = Rücklage.

Zusätzlich werden im Rahmen der Herbstbegehung Sondierungen durchgeführt, um die Verteilung der Altschneedecke zu bestimmen. Mit Hilfe von Fotos, Satellitenbildern, den Sondierungen und den einzelnen Wasserwerten, wird eine Karte (Abb. 9) mit Isolinien des Wasserwertes erstellt und die Jahresbilanz berechnet. Das Gebiet der Rücklage (Dunkelgrün-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 30.09.2020, die Gletschergrenze von 2018 sowie die Punkte der Sondierungen und Schächte im Herbst 2020 sind in Abbildung 9 grafisch dargestellt. In Abbildung 8 ist der Verlauf der Fläche, der Jahresbilanz und der spezifischen Bilanz pro Höhenstufe aufgezeichnet.

$$B = -1008,6 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

$$b = -393 \text{ mm}$$

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:

$$B_{so} = -4466,4 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

$$b_{so} = -1741 \text{ mm}$$

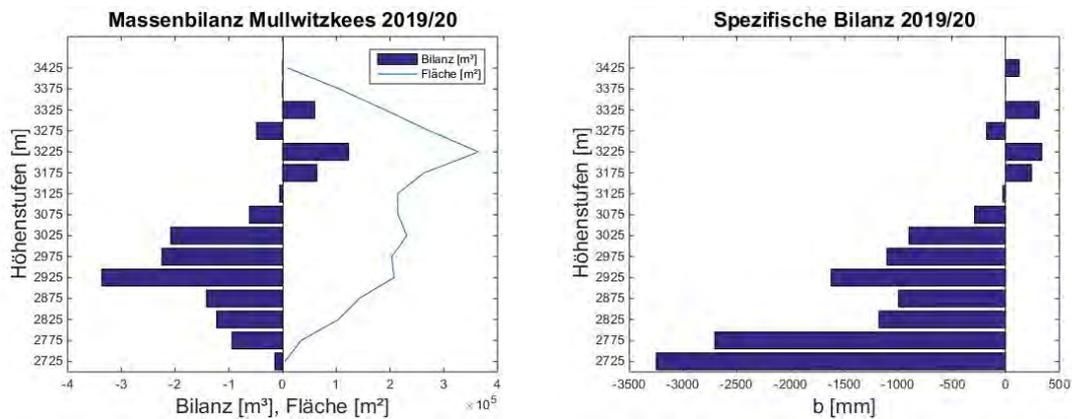


Abbildung 8: Nettobilanz [$10^5 m^3$] und Fläche [$10^5 m^2$] der Höhenstufen (links) und mittlere spezifische Bilanz [$mm ww$] der Höhenstufen (rechts) gültig für das hydrologische Jahr 2019/20 am Mullwitzkees.

Höhenstufe	Fläche [km^2]	Bilanz [$10^3 m^3$]	Wasserwert [mm]
3425	0,010	1,2	125
3375	0,106	-0,2	-2
3325	0,191	59,9	314
3275	0,274	-48,1	-176
3225	0,365	122,8	337
3175	0,263	63,8	242
3125	0,214	-5,3	-25
3075	0,215	-61,9	-288
3025	0,231	-207,9	-899
2975	0,203	-224,4	-1104
2925	0,207	-336,2	-1622
2875	0,142	-141,4	-996
2825	0,104	-122,4	-1177
2775	0,035	-94,1	-2705
2725	0,004	-14,3	-3250
Gesamt	2,564	-1008,6	-393

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

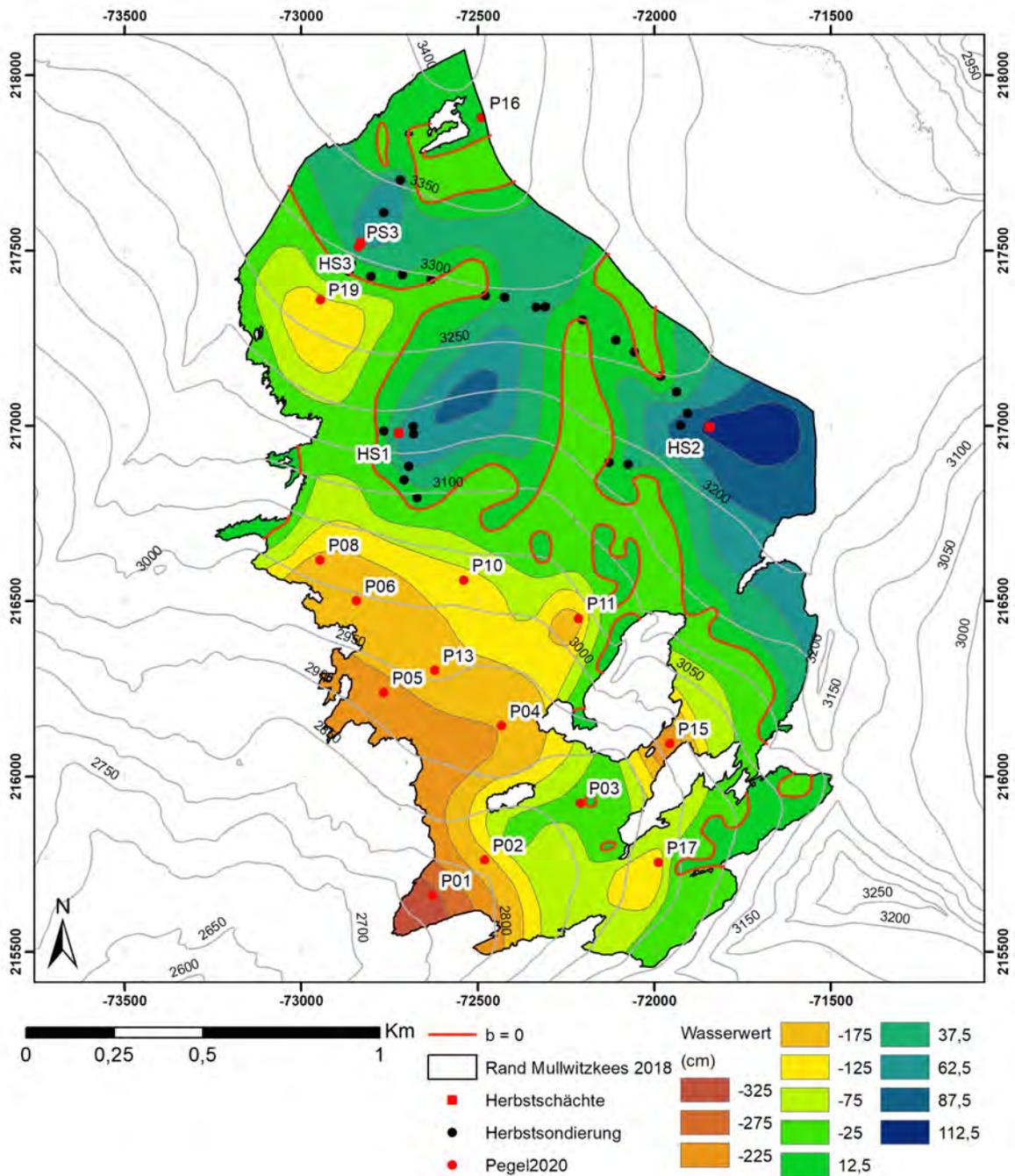


Abbildung 9: Flächen gleichen Wasserwertes der Jahresbilanz gültig für den 30.09.2020 und für die Gletschergrenze 2018, sowie Punkte der Sondierungen und Schächte im Herbst 2020.

5. Zusammenfassung der Ergebnisse

In Tabelle 9 sind die Ergebnisse der Jahres-, Winter- und Sommerbilanz, getrennt nach Ablations- und Akkumulationsgebiet zusammengefasst. Abgesehen von den frühen und ergiebigen Neuschneefällen im November 2019 verlief der Winter eher niederschlagsarm. Besonders trocken war der Monat April. In Summe lag die Winterbilanz 2019/20 im Durchschnitt der bisherigen Messungen. Mehrere Neuschneefälle im Mai und Juni verzögerten den Ablationsbeginn am Gletscher deutlich. So begann die Eisschmelze im untersten Zungenbereich ca. Anfang Juli. Auch einen Monat später war der Gletscher noch größtenteils schneebedeckt. Mehrere Neuschneefälle im Sommer verringerten die Eisschmelze jeweils für mehrere Tage. Auch aufgrund der gut gesetzten Winterschneedecke (frühe Schneefälle im November), konnten sich größere Schneerücklagen bis zum Ende des Sommers, auch im Zungenbereich, halten. Die Eisablation endete mit Schneefällen am 25.09.2020. Das Rücklagenmuster zum Zeitpunkt der maximalen Ausaperung ist am Sentinel Satellitenbild vom 15.09.2020 zu sehen (Abb: 10). Insgesamt liegt der Massenhaushalt 2019/20 an dritter Stelle der gletschergünstigsten Jahre der bisher 14-jährigen Messreihe.

	Jahresbilanz	Winterbilanz	Sommerbilanz	Einheit
S_c	1,045			km^2
B_c	397,3			$10^3 m^3$
b_c	380			mm
S_a	1,519			km^2
B_a	-1405,9			$10^3 m^3$
b_a	-925			mm
S	2,565	2,565	2,565	km^2
B	-1008,6	3457,8	-4466,4	$10^3 m^3$
b	-393	1348	-1741	mm
S_c/S	0,408			
ELA	3130			m

Tabelle 9: Kennzahlen der Jahres-, Winter- und Sommerbilanz 2019/20; > 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
2017/18	0,362	0,123	339	2,414	-3,562	-1476	2,776	-3,440	-1239	-2387	1148	> GN	0,130
2018/19	0,570	0,192	337	1,995	-1,760	-883	2,565	-1,568	-611	-2362	1751	> GN	0,222
2019/20	1,045	0,397	380	1,519	-1,406	-925	2,565	-1,009	-393	-1741	1348	3130	0,408

Tabelle 10: Kennzahlen der Jahres-, Winter- und Sommerbilanz von 2006 bis 2020 (Stocker-Waldhuber et al., 2016); > GN: über Gipfelniveau.

6. MitarbeiterInnen

Die Feldarbeiten bzw. Totalisatorablesungen wurden von T. Waldhuber, A. Jestl, G. Bertolotti, B. Seiser, A. Gschwentner, A. Janicke und M. Stocker-Waldhuber durchgeführt. Die Auswertung und der Bericht, sowie die Fotos falls nicht anders angegeben, stammen von M. Stocker-Waldhuber.

7. Ausblick

Im Bereich von Pegel 15, östlich der Glexenköpfe, beträgt die Eisdicke noch weniger als 3 Meter, mit größeren Hohlräumen darunter. Es ist daher zu erwarten, dass dieser orographisch linke Zufluss zur Gletscherzunge im nächsten Sommer vollständig abreißen wird.

Eine mögliche Erweiterung der automatischen Wetterstation zur Energiebilanzstation ist bereits vorbereitet. Ein Finanzierungsantrag für den dafür nötigen Strahlungssensor (Hukseflux NR01) wird wieder beim Stiftungsfonds der ÖAW eingereicht.

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 10: Sentinel Satellitenbild vom 15.09.2020 (Quelle: Sentinel Playground, Sinergise Ltd.



Abbildung 11: Beginnende Ausaperung an der Gletscherzunge am 06.07.2020.



Abbildung 12: Beginnende Ausaperung westlich der Glexenköpfe im Bereich von Pegel 11 am 10.08.2020.



Abbildung 13: Aufbau der neuen automatischen Wetterstation am 09.08.2020 (Foto: A. Gschwentner).



Abbildung 14: Blick vom Rainerhorn Richtung Dorfertal am 04.09.2020 (links: Hoher Zaun, rechts: Großvenediger).



Abbildung 15: Blick von der Schwarzen Wand zur Zunge des Schlatenkeeses am 04.09.2020 zeigt die zunehmende Ausbildung eines Gletschersees im Zungenbereich.



Abbildung 16: Ausaperungsmuster am Mullwitzkees am 04.09.2020.



Abbildung 17: Blick von Pegel 17 über das teils noch neuschneebedeckte Mullwitzkees am 04.09.2020



Abbildung 18: Blick von Pegel 17 über das Mullwitzkees am 21.09.2020



Abbildung 19: Automatische Wetterstation und Totalisator am 22.09.2020 (Foto: B. Seiser).



Abbildung 20: Frühjahrsschacht 1 (links, Foto: A. Gschwentner) am 24.04.2020 und Herbstschacht 1 (rechts) am 21.09.2020.



Abbildung 21: Frühjahrsschacht 3 (links, Foto: A. Gschwentner) am 23.04.2020 und Herbstschacht 3 (rechts) am 22.09.2020.



Abbildung 22: Frühjahrsschacht 4 auf der Gletscherzunge am 24.04.2020 (Foto: A. Gschwentner).