

# ÄUSSERES MULLWITZKEES

MASSENHAUSHALT 2020/2021



Jahresbericht des Instituts für Interdisziplinäre Gebirgsforschung der  
Österreichischen Akademie der Wissenschaften

DR. M. STOCKER-WALDHUBER, PD DR. A. FISCHER  
29.11.2021



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-Waldhuber<sup>1</sup>  
martin.stocker-waldhuber@oeaw.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  
Innrain 25, 3.OG, A–6020 Innsbruck, Österreich  
www.mountainresearch.at

# Inhaltsverzeichnis

<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>10</b>
4.1. Definitionen . . . . .	10
4.2. Winterbilanz . . . . .	12
4.3. Jahresbilanz . . . . .	15
<b>5. Zusammenfassung der Ergebnisse</b>	<b>19</b>
<b>6. MitarbeiterInnen</b>	<b>21</b>
<b>A. Anhang</b>	<b>22</b>

# **Äußeres Mullwitzkees, Massenhaushalt 2020/2021**

## **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 2020/21. 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.

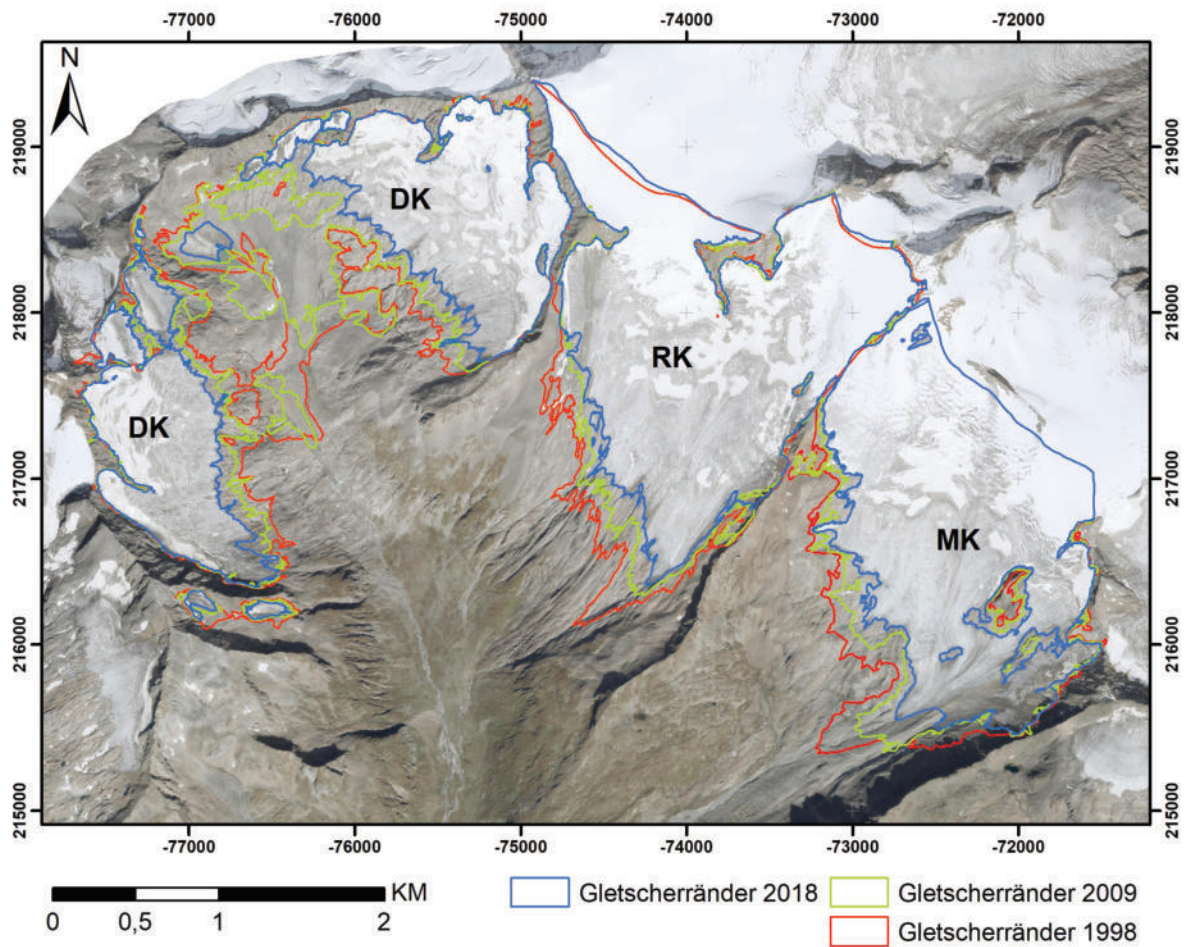


Abbildung 1: Einzugsgebiet des Dorferbachs im oberen Dorfertal, Koordinatensystem: MGI Austria GK Central, Orthofoto 2018 (Datenquelle: Land Tirol – data.gv.at). DK: Dorfer Kees, RK: Rainer Kees (Inneres Mullwitzkees), MK: Mullwitzkees (Äußeres Mullwitzkees, die Zunge wird auch als Zettalunitzkees bezeichnet.)



## 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).

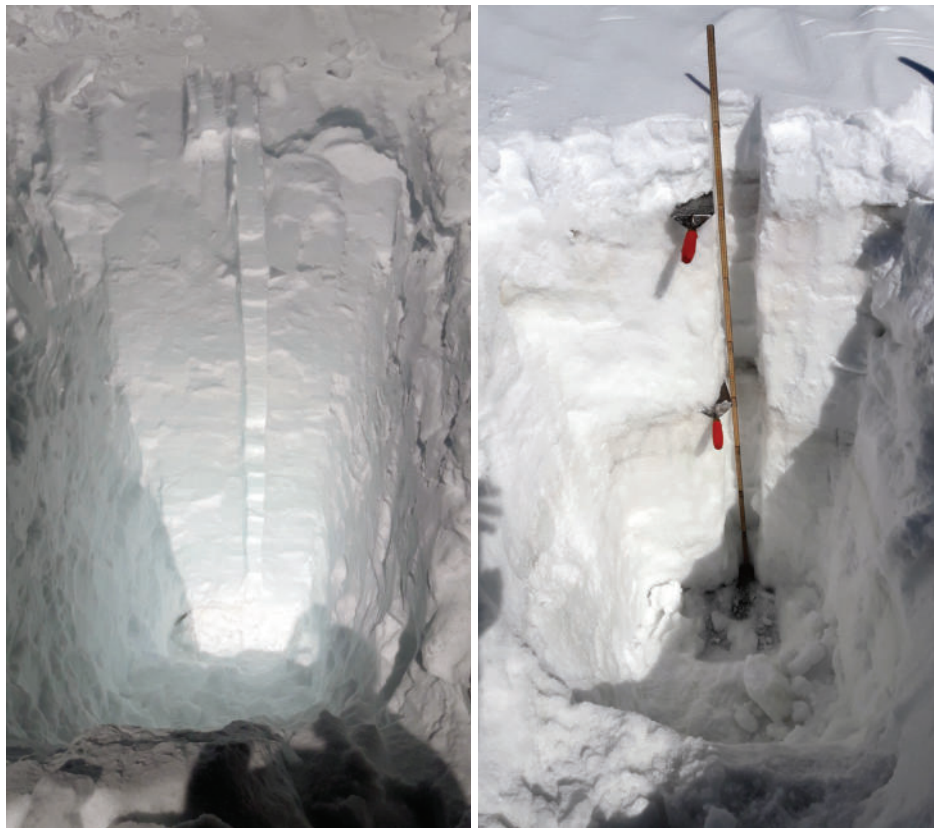


Abbildung 2: Schneedeckenvergleich an Schachtposition 3 im Frühjahr (links) am 01.06.2021 und Herbst (rechts) am 21.09.2021 (inkl. Rücklage 2019/20).

## **3. Durchgeführte Arbeiten**

### **3.1. Pegelablesungen**

Die bereits vorhandenen Pegel wurden in der Ablationsperiode 2021 regelmäßig abgelesen. Am 11.08.2021 wurden Pegel 01 und Pegel 15 neu gebohrt, wobei Pegel 15 oberhalb der Geländestufe gebohrt wurde. Der Steilbereich an der ursprünglichen Pegelposition ist mittlerweile eisfrei und die Verbindung zur Zunge abgerissen. Knapp unterhalb des Pegels 19 wurde am 21.07.2021 Pegel 19u, im Rahmen von Dreharbeiten zur Sendung Universum „Naturerbe Österreich – Die Nationalparks“, gebohrt. Die Ablesungen wurden am 15/16.07.2021, 11/12.08.2021, 06/07.09.2021 und am 21/21.09.2021 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 konnte aufgrund der starken Schneefälle im Mai erst am 01-02. Juni 2021 durchgeführt werden. 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 02. Juni im Tagesverlauf. Die Korrektur der Winterbilanz zum 30.04.2021 wurde über die Werte der Frühjahrsbegehungen am Venedigerkees und Stubacher Sonnblickkees, sowie der sehr gut erkennbaren Schmelzkruste (April 2021) am Mullwitzkees durchgeführt.

### **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 2021 statt. Es wurden 3 Schneeschächte gegraben, Sondierungen der Schneehöhen durchgeführt und alle Ablationspegel abgemessen. Das Wetter zum Zeitpunkt der Herbstbegehung: Gering bewölkt und windschwach am 21. September. Aufkommender Nordwind in der Nacht und stürmisch am 22. September. Aufgrund der starken Schneedrift konnte Schacht 2 zwar gegraben werden, ein Dichteabstich war jedoch nicht möglich. Somit wurde hier die mittlere Dichte von Schacht 3 auch für Schacht 2 übernommen.

### 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). Im August 2020 wurde die Wetterhütte am Defreggerhaus zur vollautomatischen Wetterstation ausgebaut und mit zusätzlichen Instrumenten ausgestattet. Am 06.09.2021 erfolgte die abschließende Erweiterung zur Energiebilanzstation (Abb. 3). Die Daten werden über das Mobilfunknetz übertragen und sind über die Datenbank „Wiski“ des Landes Tirol verfügbar (Abb. 4). Ausbau und Erweiterung der Wetterstation wurde von der Dr. Anton Oelzelt-Newin’schen Stiftung der ÖAW finanziert.

Datum	Messung [ <i>cm</i> ]					Bemerkung	Niederschlag [ <i>mm</i> ]
	1	2	3	4	5		
21.09.2020	66,5	66,5	66,6	66,6	66,6	neu befüllt	0
08.01.2021	47,5	47,5	47,6	47,6	47,6		619
05.04.2021	42,5	42,5	42,6	42,6	42,6		781
01.06.2021	37,9	37,9	38,0	38,0	38,0		932
16.07.2021	30,3	30,3	30,4	30,4	30,4		1181
20.07.2021	24,0	24,0	24,1	24,1	24,1		1387
20.07.2021	38,5	38,5	38,6	38,6	38,6	abgelassen	
11.08.2021	32,4	32,4	32,5	32,5	32,5		1587
06.09.2021	28,8	28,8	28,9	28,9	28,9		1705
21.09.2021	27,4	27,4	27,5	27,5	27,5		1751

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



Abbildung 3: Zusätzlicher Strahlungssensor an der automatischen Wetterstation am 21.09.2021.



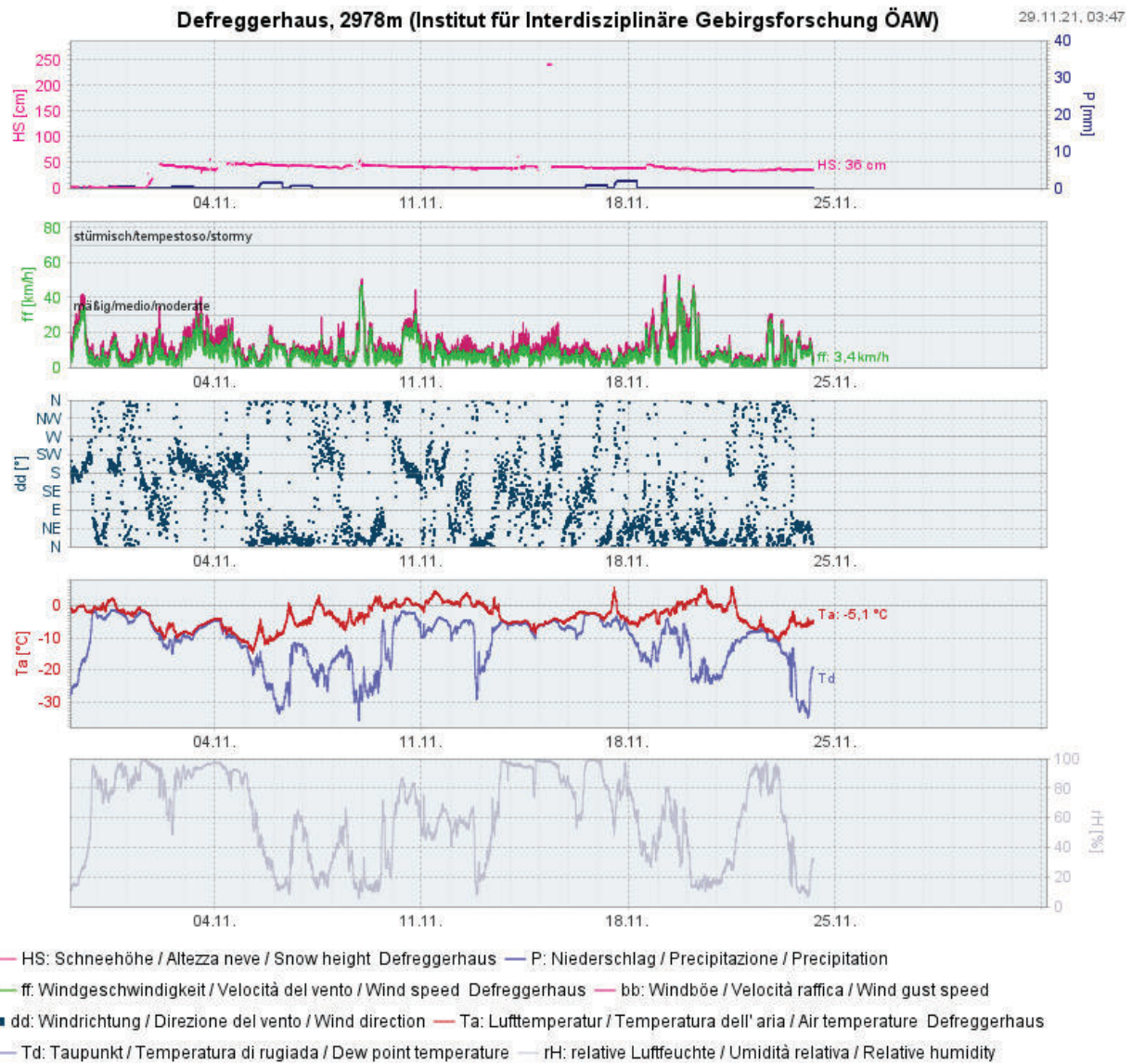


Abbildung 4: Ausschnitt der im Nov. 2021 über die Datenbank „Wiski“ des Landes Tirol veröffentlichten Parameter der Wetterstation ([www.lawis.at/station](http://www.lawis.at/station)).

## 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.

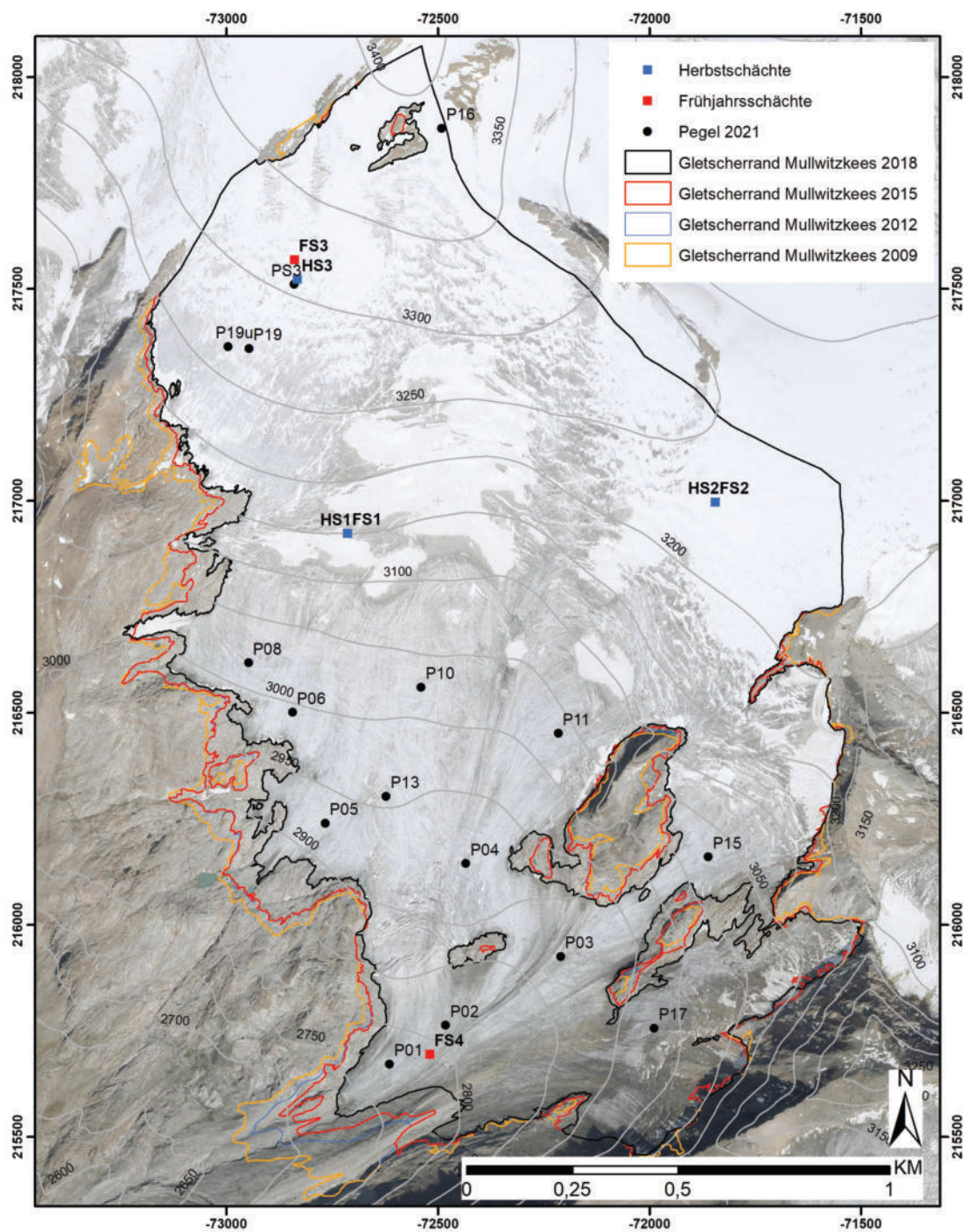


Abbildung 5: Mullwitzkees mit Gletschergrenzen von 2009, 2012, 2015 und 2018; Lage der Pegel, der Frühjahrs- und Herbstschächte 2021. Hintergrund: Orthofoto 2018, Datenquelle: Land Tirol – data.tirol.gv.at.

## 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 Schneesohle ist für die Akkumulationsperiode zwischen 01.10.2020 und 30.04.2021 gültig. Dabei wurde einerseits der Wasserwert des Neuschnees von September 2020 sowie der Neuschnee im Mai 2021 aus Daten der Frühjahrsbegehung am benachbarten Venedigerkees und Stubacher Sonnblickkees, sowie der Schneedecke oberhalb der Aprilschmelzkruste am Mullwitzkees abgezogen.

Schachtnummer	Tiefe [m]	Dichte [ $kg/m^3$ ]	Wasserwert [mm]	korr. Wasserwert [mm]
1	5,73	444	2544	2079
2	4,53	431	1952	1576
3	3,41	415	1415	1091
4	3,00	479	1437	1209

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

Aus Tabelle 5 sind die Werte der Winterbilanz, gültig von 01.10.2020 bis 30.04.2021, zu entnehmen. Die Winterbilanz  $B_{wi} = 3354,1 \cdot 10^3 m^3$  ergibt sich aus der Summe der Bilanzwerte der einzelnen Höhenstufen. Für die Akkumulationsperiode 2020/21 ergab sich eine mittlere spezifische Bilanz von  $b_{wi} = 1308 mm$ . In Abbildung 6 sind die Flächen gleichen Wasserwertes gültig für den 30.04.2021 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 2020/21 sind in Abbildung 7 aufgezeichnet.

$$B_{wi} = 3354,1 \cdot 10^3 m^3$$

$$b_{wi} = 1308 mm$$



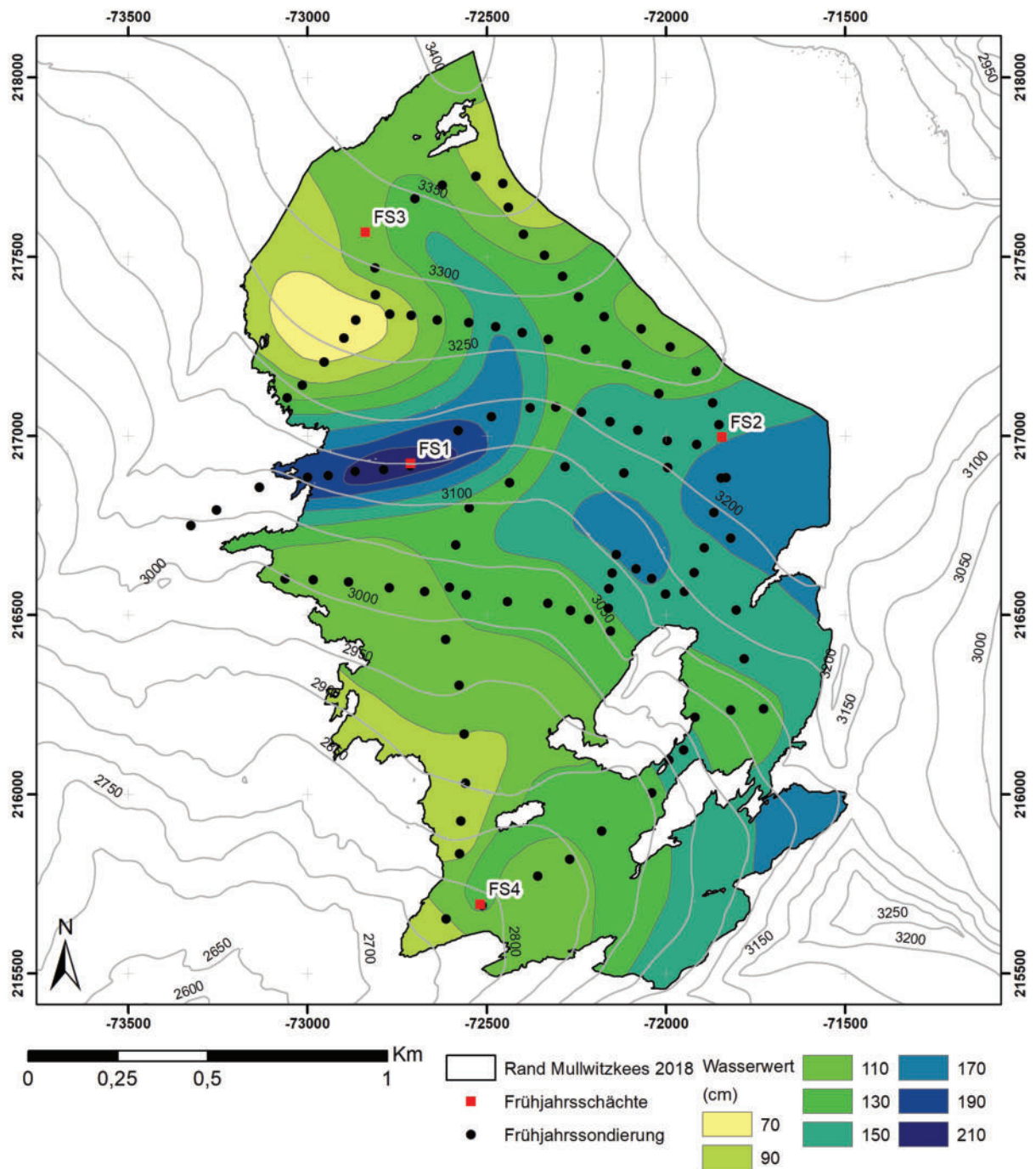


Abbildung 6: Flächen gleichen Wasserwertes der Winterbilanz gültig für den 30.04.2021 und für die Gletschergrenze 2018, sowie Punkte der Sondierungen und Schächte.



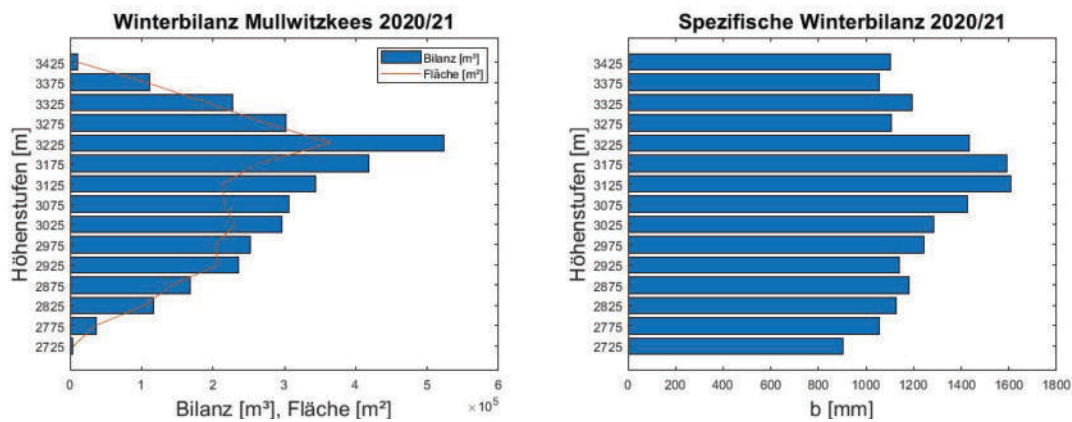


Abbildung 7: Nettobilanz [ $10^5 m^3$ ] und Fläche [ $10^5 m^2$ ] der Höhenstufen (links) und mittlere spezifische Bilanz [ $mm ww$ ] der Höhenstufen (rechts) gültig für den Winter des hydrologischen Jahres 2020/21 am Mullwitzkees.

Höhenstufe	Fläche [ $km^2$ ]	Bilanz [ $10^3 m^3$ ]	Wasserwert [ $mm$ ]
3425	0,010	10,8	1100
3375	0,106	111,8	1056
3325	0,191	227,7	1192
3275	0,274	302,3	1104
3225	0,365	522,8	1433
3175	0,263	418,4	1589
3125	0,214	343,8	1606
3075	0,215	306,0	1424
3025	0,231	296,7	1282
2975	0,203	252,8	1243
2925	0,207	235,8	1138
2875	0,142	167,4	1179
2825	0,104	117,0	1125
2775	0,035	36,8	1057
2725	0,004	4,0	900
Gesamt	2,564	3354,1	1308

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

### 4.3. Jahresbilanz

Für die Jahresbilanz (01.10.2020 – 30.09.2021) 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 mittlerer 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 01.10.2020 bis 30.09.2021 gültig. Wie bereits bei der Frühjahrsbegehung, wurden auch die Wasserwerte der Herbstschächte mit Hilfe von Neuschneedaten der Herbstbegehung am Stubacher Sonnblickkees für den 30.09.2020 korrigiert. Auch der Wasserwert des Neuschnees von September 2020 wurde abgezogen.

Schachtnummer	Tiefe [m]	Dichte [ $\text{kg/m}^3$ ]	Wasserwert [mm]	korr. Wasserwert [mm]
1	0,34	420	143	69
2	1,60	440	704	630
3	0,77	440	339	265

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

Pegelnummer	Wasserwert [mm]	Pegelnummer	Wasserwert [mm]
1	-3191	11	-1415
2	-1913	13	-1373
3	-1208	15	-980
4	-1802	16	R
5	-2072	17	-1148
6	-1445	19	-827
8	-1805	19u	-1088
10	-770	Schacht 3	R

Tabelle 7: Wasserwerte der Ablation an den Pegeln (01.10.2020–30.09.2021); 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 30.09.2021, die Gletschergrenze von 2018 sowie die Punkte der Sondierungen und Schächte im Herbst 2021 sind in Abbildung 9 grafisch dargestellt. In Abbildung 8 ist der Verlauf der Fläche, der Jahresbilanz und der spezifischen Bilanz pro Höhenstufe aufgezeichnet.

$$B = -1146,0 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

$$b = -447 \text{ mm}$$

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:

$$B_{so} = -4500,1 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

$$b_{so} = -1755 \text{ mm}$$

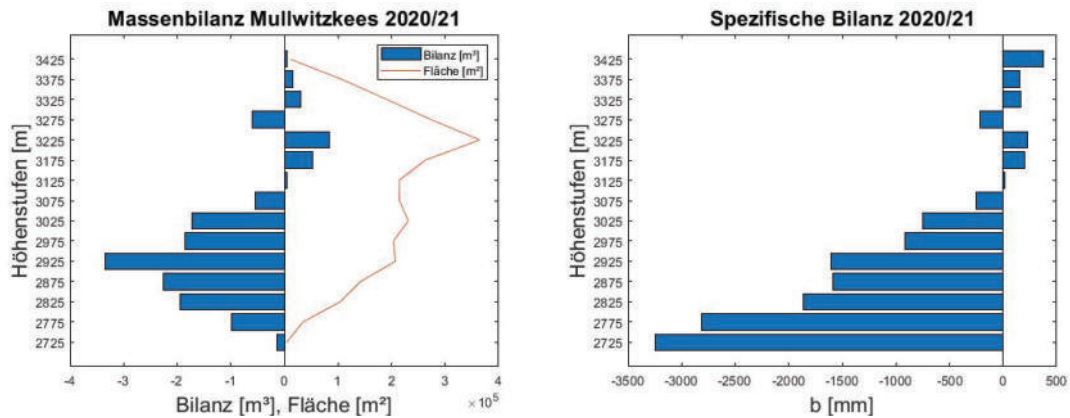


Abbildung 8: Nettobilanz [ $10^5 m^3$ ] und Fläche [ $10^5 m^2$ ] der Höhenstufen (links) und mittlere spezifische Bilanz [ $mm ww$ ] der Höhenstufen (rechts) gültig für das hydrologische Jahr 2020/21 am Mullwitzkees.

Höhenstufe	Fläche [ $km^2$ ]	Bilanz [ $10^3 m^3$ ]	Wasserwert [ $mm$ ]
3425	0,010	3,7	375
3375	0,106	16,3	154
3325	0,191	31,0	163
3275	0,274	-59,4	-217
3225	0,365	83,7	229
3175	0,263	52,1	198
3125	0,214	3,8	18
3075	0,215	-54,2	-252
3025	0,231	-172,3	-745
2975	0,203	-185,7	-913
2925	0,207	-333,8	-1611
2875	0,142	-225,4	-1587
2825	0,104	-193,6	-1861
2775	0,035	-97,9	-2816
2725	0,004	-14,3	-3250
Gesamt	2,564	-1146,0	-447

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

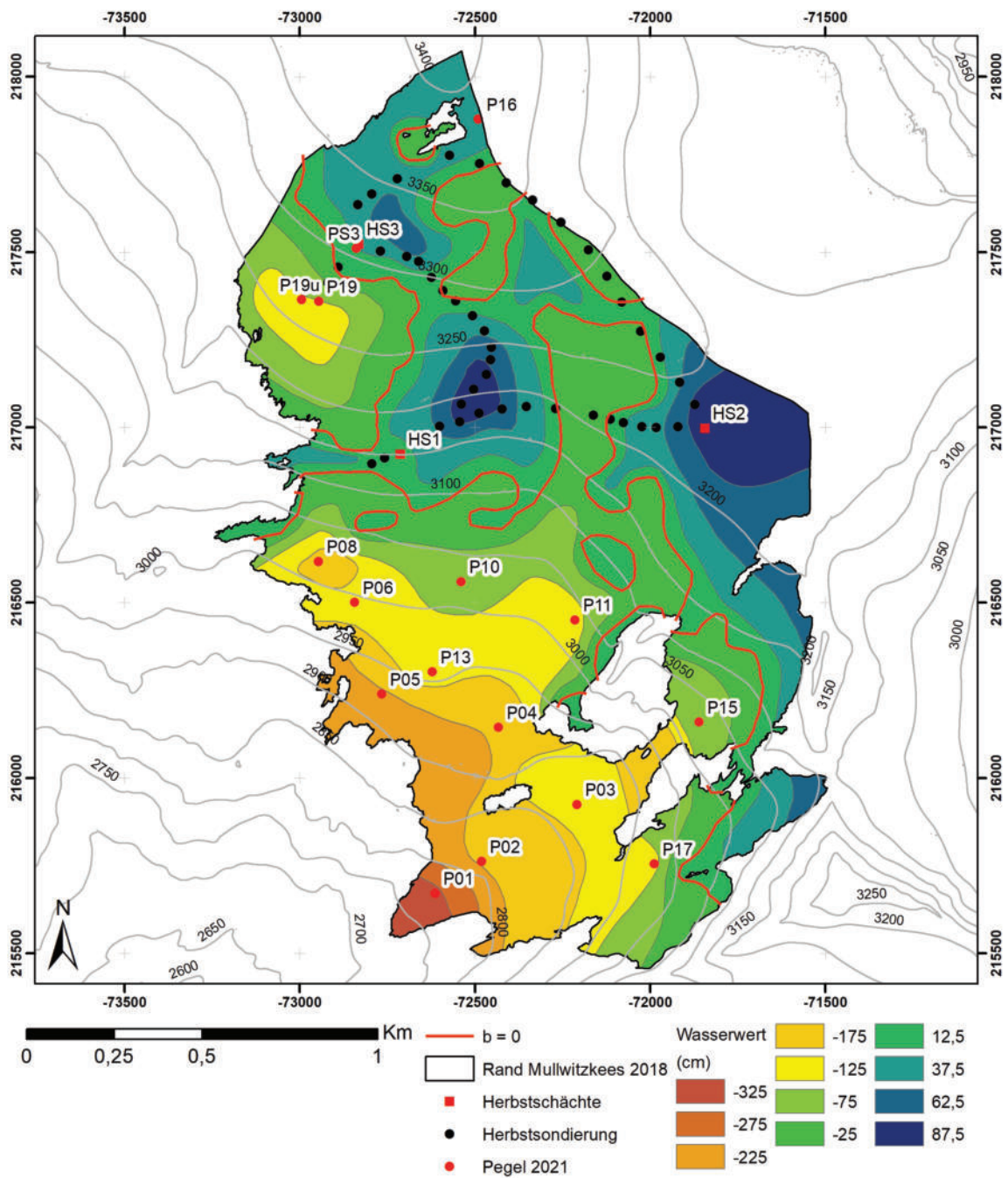


Abbildung 9: Flächen gleichen Wasserwertes der Jahresbilanz gültig für den 30.09.2021 und für die Gletschergrenze 2018, sowie Punkte der Sondierungen und Schächte im Herbst 2021.



## 5. Zusammenfassung der Ergebnisse

In Tabelle 9 sind die Ergebnisse der Jahres-, Winter- und Sommerbilanz, getrennt nach Ablations- und Akkumulationsgebiet zusammengefasst. Vergleichbar zum Jahr 2020 ereigneten sich überdurchschnittliche Neuschneefälle in der ersten Winterhälfte. Februar, aber besonders die Monate März und April waren deutlich zu trocken. In Summe lag die Winterbilanz 2020/21 im Durchschnitt der bisherigen Messungen. Aufgrund mehrere Neuschneefälle besonders im Mai, konnte die Frühjahrsbegehung erst Anfang Juni, etwa zum Zeitpunkt der maximalen Akkumulation durchgeführt werden. Wie im Vorjahr verzögerten die späten Schneefälle 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, insbesondere Mitte August und Anfang September, verringerten die Eisschmelze jeweils für mehrere Tage. Auch aufgrund der gut gesetzten Winterschneedecke (starke Schneefälle im Frühwinter), konnten sich größere Schneerücklagen bis zum Ende des Sommers, auch im Zungenbereich, halten. Die Eisablation auf der Zunge endete mit Schneefällen am 22/23.09.2021. Das Rücklagenmuster zum Zeitpunkt der maximalen Ausaperung ist am Sentinel Satellitenbild vom 31.08.2021 zu sehen (Abb: 10). Insgesamt liegt der Massenhaushalt 2020/21 mit einer spezifischen Bilanz von  $b = -447 \text{ mm}$ , ähnlich wie im Vorjahr, unter den vier gletschergünstigsten Jahren der bisher 15-jährigen Messreihe mit einer mittleren spezifischen Bilanz von  $b = -816 \text{ mm}$ .

	Jahresbilanz	Winterbilanz	Sommerbilanz	Einheit
$S_c$	1,021			$\text{km}^2$
$B_c$	374,2			$10^3 \text{ m}^3$
$b_c$	367			$\text{mm}$
$S_a$	1,544			$\text{km}^2$
$B_a$	-1520,1			$10^3 \text{ m}^3$
$b_a$	-984			$\text{mm}$
$S$	2,565	2,565	2,565	$\text{km}^2$
$B$	-1146,0	3354,1	-4500,1	$10^3 \text{ m}^3$
$b$	-447	1308	-1755	$\text{mm}$
$S_c/S$	0,398			
$ELA$	3122			$\text{m}$

Tabelle 9: Kennzahlen der Jahres-, Winter- und Sommerbilanz 2020/21;  $> GN$ : 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
2020/21	1,021	0,374	367	1,544	-1,520	-984	2,565	-1,146	-447	-1755	1308	3122	0,398

Tabelle 10: Kennzahlen der Jahres-, Winter- und Sommerbilanz von 2006 bis 2021 (Stocker-Waldhuber et al., 2016); > GN: über Gipfelniveau.

## 6. MitarbeiterInnen

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

## 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

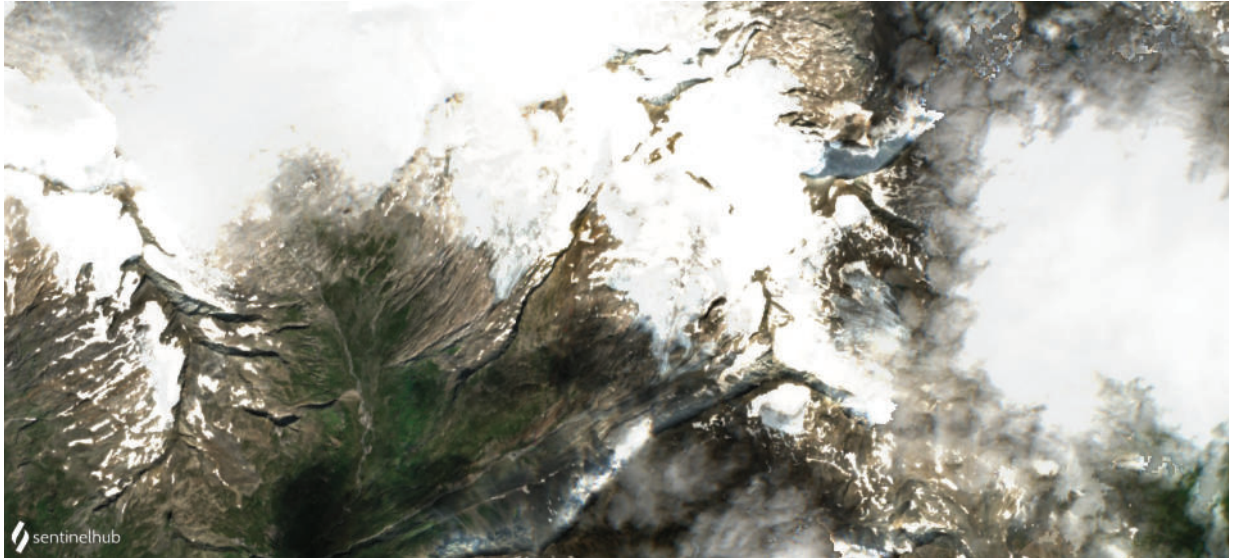


Abbildung 10: Sentinel Satellitenbild vom 31.08.2021 (Quelle: Sentinel Playground, Sinergise Ltd).



Abbildung 11: Wetterstation Defreggerhaus am 08.01.2021.



Abbildung 12: Wetterstation Defreggerhaus am 01.06.2021.



Abbildung 13: Mullwitzkees am 20.07.2021.





Abbildung 14: Blick von Pegel 3 Richtung Glexenköpfe und Pegel 15 am 11.08.2021.



Abbildung 15: Blick von Pegel 17 über das Mullwitzkees am 11.08.2021.



Abbildung 16: Blick vom Rainerhorn Richtung Dorfertal am 12.08.2021 (Foto: A. Gschwentner).



Abbildung 17: Blick vom Rainerhorn Richtung Osten, Plateau Inneres und Äußeres Mullwitzkees am 12.08.2021.





Abbildung 18: Blick vom Rainerhorn, Hoher Zaun und Kristallwand (links) bis Großvenediger (rechts), am 12.08.2021.



Abbildung 19: Mullwitzkees am 06.09.2021.



Abbildung 20: Zunge Mullwitzkees (Zettalunitzkees) am 07.09.2021



Abbildung 21: Frühjahrsschacht 1 (links, Foto: L. Hartl) am 01.06.2021 und Herbstschacht 1 (rechts) am 21.09.2021.





Abbildung 22: Frühjahrsschacht 2 (links, Foto: B. Seiser) am 02.06.2021 und Herbstschacht 2 (rechts, Foto: G. Bertolotti) am 22.09.2021.