



Äußeres Mullwitzkees

Massenhaushalt 2008/2009



**Jahresbericht der Untersuchung
des Instituts für Meteorologie und Geophysik
der Universität Innsbruck
M. Stocker-Waldhuber**



Äußeres Mullwitzkees Massenhaushalt 2008/2009

Jahresbericht der Untersuchung des Instituts für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck

Der vorliegende Bericht gibt eine Zusammenfassung über den Massenhaushalt des dritten Jahres einer fünf-jährigen Messreihe am Mullwitzkees. Das Projekt wurde im Auftrag des Nationalparks Hohe Tauern und des Hydrographischen Dienstes (HD) der Abteilung Wasserwirtschaft beim Amt der Tiroler Landesregierung im September 2006 gestartet.

Die Messungen werden mit Hilfe der direkten glaziologischen Methode durchgeführt. Ziel dieser Messungen ist es, den Zusammenhang zwischen dem Erscheinungsbild des Gletschers und dem lokalen Klima aufzuzeigen.

1. Allgemeines

Das Mullwitzkees befindet sich in der Venedigergruppe in der Kernzone des Nationalparks Hohe Tauern. Der obere Teil des Gletschers (äußeres Mullwitzkees) ist nach Süden ausgerichtet, während der untere Teil (Zettalunitzkees) und speziell die Zunge nach Süd-West bzw. West-Süd-West zeigen. Aufgrund dieser Exposition können die Ergebnisse auch auf andere Gletscher südlich des Alpenhauptkammes angewendet werden.

Die Gletschergrenze stammt aus dem Gletscherinventar von 1998 und wurde anhand von Begehungen und Fotos für die Jahre 2007 und 2008 reduziert. Am 31. August und 01. September wurden Gletscherzunge und Felsinseln mit dem differentiellen GPS und einer Genauigkeit von <10 cm eingemessen und so die Gletschergrenze für das Jahr 2009 und Ungenauigkeiten der Vorjahre korrigiert.

Fläche 1998: 3,24 km²

Fläche 2009: 3,03 km²

Die Höhe der Gletscherzunge lag 1998 auf 2610 m und ist im Zuge der Auswertung für das Jahr 2007 auf 2690 m aktualisiert worden. Für das Jahr 2008 wurde die Höhe der Zunge nicht korrigiert. Auch 2009 lag der tiefste Punkt des Gletschers, trotz des Rückgangs auf 2690 m.

Der Gletscher erstreckt sich bis in eine Höhe von 3400 m, knapp unterhalb des Hohen Zauns (3450 m).

Aus Messungen im Rahmen des Gletscherinventars von 1998 ist bekannt, dass die Gletscherdicke im größten Teil des Gletschers nur zwischen 50 und 70 m beträgt. Das Mullwitzkees hat kein tiefes Firnbecken, sondern die Eisdicke wird nach oben hin eher kleiner. Dies und seine südseitige Ausrichtung lassen erwarten, dass der Gletscher auf Klimaänderungen besonders sensibel reagiert.

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. endet. Im Zuge 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 Gesamtjahresbilanz gesprochen.

Um die Ablation zu messen, werden Pegel gebohrt, bei denen das freie Ende mehrmals im Jahr abgelesen wird, um so die Eisschmelze an bestimmten Punkten zu kennen. Im Akkumulationsgebiet werden im Frühjahr und Herbst Schächte gegraben, um den Massenzuwachs zu erfassen. Der Massenzuwachs errechnet sich aus Tiefe des Schachtes (bis zum Altschnee) und der gemessenen Dichte des Schnees.



Foto 1. linkes Bild: Herbstschacht mit deutlichen Schmutz- und Altschneehorizonten

Foto 2. rechtes Bild: Einmessen der Felsinseln mit DGPS am 31.08.2009

3. Durchgeführte Arbeiten

3.1 Pegelablesungen

Die bereits vorhandenen Pegel wurden in der Ablationsperiode regelmäßig abgelesen und die Pegel 03 und 07 jeweils 12 m neu gebohrt, wobei Pegel 07 auf der Zunge zurückgesetzt wurde. Die Ablesungen und die Erneuerungen der Pegel wurden am 27.06.2009, 12.07.2009, 01.08.2009, 22.08.2009, 31.08/01.09.2009, 19/20.09.2009 und am 01.10.2009 durchgeführt.

3.2 Frühjahrsbegehung

Zur Bestimmung der Winterbilanz müssen am Ende der Akkumulationsphase Schneeschächte gegraben werden. Weiters ist es wichtig, die Änderung der Schneehöhe über den Gletscher zu kennen. Diese wird mit Hilfe von Sondierungen über den ganzen Gletscher gemessen.

Die Frühjahrsbegehung wurde vom 12-14. Mai 2009 durchgeführt. Aufgrund der ungewöhnlich hohen Lawinenaktivität im Dorfertal während des Winters, erfolgte der Aufstieg vom Parkplatz Hinterbichl zu Fuß über die Johannishütte zum Defreggerhaus. Übernachtet wurde im Winterraum Defreggerhaus. In zwei Gruppen wurden drei Schächte gegraben und Sondierungen durchgeführt.

Das Wetter der drei Tage: 6 bis 8/8 Ns, Cu, Cb; starker Wind aus SW bis W; Gewitter an den Nachmittagen und Abenden.

3.3 Herbstbegehung

Bei der Herbstbegehung werden zur Bestimmung der Jahresbilanz Schneeschächte gegraben, Sondierungen durchgeführt und die Ablationspegel abgelesen.

Die Herbstbegehung fand am 19/20.09.2009 statt. Nach der Auffahrt mit dem Venediger Hüttentaxi zur Seilbahnstation erfolgte der Aufstieg zum Defreggerhaus. Es wurden alle Pegel abgelesen, Sondierungen durchgeführt, im Akkumulationsgebiet drei Schneeschächte gegraben und die Wetterhütte gesichert. Übernachtet wurde am Defreggerhaus.

Das Wetter an beiden Tagen: 6-8/8 Cu, Cu fr, Str Cu; Wind aus S

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.

Ablesungsdatum	Messung 1	Messung 2	Messung 3	Messung 4	Messung 5	Bemerkung
08.10.2008	22,4	22,5	22,3	22,4	22,3	
08.10.2008	61,2	61,1	61,0	61,2	61,1	Neu befüllt
06.04.2009	38,5	38,6	38,6	38,7	38,5	
13.05.2009	35,2	34,9	35,3	35,5	35,2	
27.06.2009	27,2	27,3	27,3	27,4	27,4	
12.07.2009	25,9	25,7	25,7	25,6	25,9	
01.08.2009	21,9	22,0	21,9	21,9	22,0	
01.09.2009	17,1	17,1	17,2	17,3	17,2	
19.09.2009	8,2	8,3	8,3	8,3	8,2	
01.10.2009	7,9	7,9	7,9	7,8	7,8	
01.10.2009	61,4	61,4	61,4	61,5	61,5	Neu befüllt

Tabelle1. Auslesung Totalisator

Wie in den Jahren zuvor wurde die Wetterhütte erneut mehrmals aufgebrochen und somit die Temperaturdaten unbrauchbar gemacht. Am 06.04.2009 wurde der Temperaturfühler Nr.: 1298192 im Schnee gefunden und mitgenommen und am 13.05.2009 wieder in die Hütte gehängt und versperrt. Am 01.08.2009 war die Hütte erneut aufgebrochen. Der T-Fühler wurde jedoch gefunden und mit der Nr.: 1176823 ausgetauscht. Im Rahmen der Herbstbegehung wurde nach erneutem Einbruch der T-Fühler mit der Nr.: 1298192 in die Hütte gehängt und diese versperrt und mit einer massiven Eisenkette mit Vorhängeschloss gesichert (Foto 3 und 4).



Foto 3. linkes Bild: Aufgebrochene Wetterhütte am 19.09.2009

Foto 4. rechtes Bild: Sicherung der Wetterhütte mit Eisenkette und Vorhängeschloss am 19.09.2009

4. Auswertung

4.1 Definitionen

Es werden folgende Notationen verwendet:

S	gesamte Gletscherfläche
B	Gesamtjahresbilanz
b	spezifische Massenbilanz
S _a	Fläche des Ablationsgebietes
B _a	Gesamtbilanz der Ablation
b _a	spezifische Bilanz der Ablation
S _c	Fläche des Akkumulationsgebietes
B _c	Gesamtbilanz der Akkumulation
b _c	spezifische Bilanz der Akkumulation
w _i	als Index bedeutet Winter
s _o	als Index bedeutet Sommer
H _{ELA}	Höhe der Gleichgewichtslinie

Es gelten folgende Beziehungen:

Für die spezifische Bilanz:

$$b = b_{wi} + b_{so} \quad \rightarrow \quad b_{so} = b - b_{wi}$$

$$b_{wi} = B_{wi}/S \quad b_{so} = B_{so}/S$$

$$b = B/S \quad b_c = B_c/S_c \quad b_a = B_a/S_a$$

Für die Fläche und die Gesamtbilanz:

$$S = S_c + S_a \quad \text{bzw.} \quad B = B_c + B_a$$

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 2 sind die Wasserwerte und die mittlere Dichte der Frühjahrsschächte zu entnehmen, bzw. deren Lage aus Abbildung 1.

Schachtnummer	Seehöhe [m]	Tiefe [m]	Dichte [kg/m ³]	Wasserwert [mm]
1	3155	4,48	464	2082
2	3220	4,14	479	1982
3	3310	2,66	444	1203

Tabelle 2. Seehöhe, Tiefe und mittlere Dichte der Frühjahrsschächte. Wasserwert mit Korrektur des Dichteabstichs

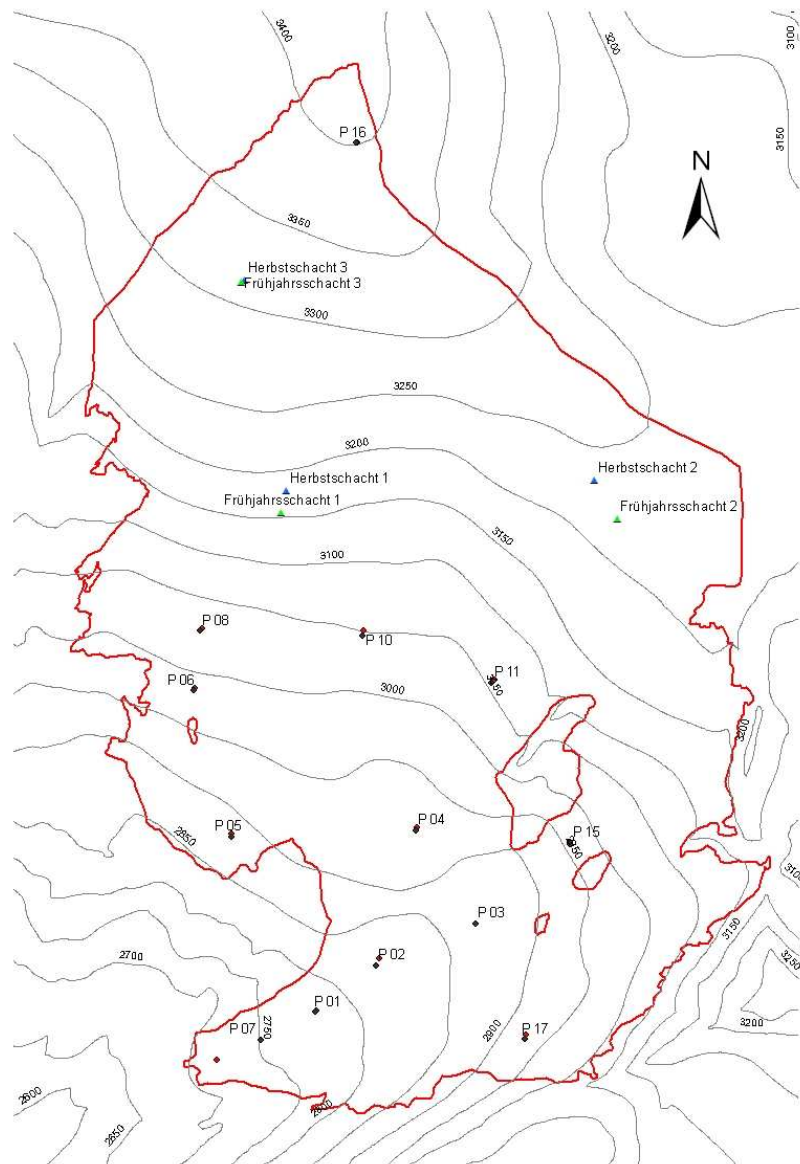


Abbildung 1. Mullwitzkees mit Gletschergrenze 2009 (DGPS korrigiert)
Lage der Pegel(P) der Frühjahrs- und Herbstschächte mit Nummern der Schächte im Frühjahr und Herbst; rote Punkte: Pegel 2008, schwarze Punkte: Pegel 2009 (mittels DGPS)

Höhenstufe	Fläche [km ²]	Bilanz [10 ³ m ³]	Wasserwert [mm]
2675	0,000	0,1	500
2725	0,033	23,9	735
2775	0,068	82,7	1213
2825	0,119	155,6	1303
2875	0,203	286,4	1411
2925	0,275	378,4	1376
2975	0,259	392,1	1514
3025	0,286	458,6	1605
3075	0,257	447,4	1739
3125	0,235	416,4	1773
3175	0,294	540,9	1838
3225	0,370	673,8	1820
3275	0,293	426,6	1457
3325	0,193	217,3	1125
3375	0,114	83,9	737
3425	0,027	13,4	500
Gesamt	3,026	4597	1519

*Tabelle 3. Flächen- und Winterbilanz-Höhenverteilung
(die Höhenangaben der Höhenstufe sind Mittelwerte)*

Aus Tabelle 3, sind die Werte der Winterbilanz, gültig von 01.10.2008 bis 30.04.2008, zu entnehmen. Die Winterbilanz $B_{wi} = 4,59 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ der einzelnen Höhenstufen wird durch Integration über die jeweilige Fläche berechnet. Das entspricht, über die Gesamtfläche, einer spezifischen Winterbilanz von $b_{wi} = 1519 \text{ mm}$.

$$B_{wi} = 4,59 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$b_{wi} = 1519 \text{ mm}$$

4.3 Jahresbilanz

Bei der Jahresbilanz werden die Wasserwerte der einzelnen Pegel, die an repräsentativen Stellen gebohrt werden, betrachtet. Dabei handelt es sich um akkumulierte Wasserwerte. Das heißt, dass die Ablationswerte vom Ende des hydrologischen Jahres (30.09.) mit der mittleren Dichte von Eis $\rho = 900 \text{ [kg/m}^3]$ in Wasserwerte umgerechnet werden. Für die Jahresbilanz ist entscheidend, wie groß die Schneerücklage am Ende des hydrologischen Jahres ist. Daher werden nicht die Werte der Frühjahrsschächte sondern die der Herbstschächte verwendet. Aus Tabelle 4 sind die Wasserwerte und die mittlere Dichte der Herbstschächte und aus Tabelle 5 die Wasserwerte der einzelnen Pegel zu entnehmen, bzw. deren Lage aus Abbildung 1. Aufgrund des sehr schwach ausgeprägten Firnhorizontes bei Herbstschacht 2 wurde die Höhe der Rücklage später auf 87 cm statt 340 cm korrigiert. Die Werte in Klammern beziehen sich auf den Abstich bis 340 cm.

Schachtnummer	Seehöhe [m]	Tiefe [m]	Dichte [kg/m ³]	Wasserwert [mm]	WW 30.09 [mm]
1	3180	2,3	582	1339	1253
2	3235	(3,4)	(531)	(1805)	345
3	3310	1,4	508	712	637

Tabelle 4. Seehöhe, Tiefe und mittlere Dichte der Frühjahrsschächte. Wasserwert mit Korrektur des Dichteabstichs und korrigierter Wasserwert bis zum 30.09.2009.

Pegelnummer	Wasserwert [mm]	Pegelnummer	Wasserwert [mm]
1	-1300	8	-1490
2	-970	10	-1060
3	-850	11	-1050
4	-1220	15	-1650
5	-1980	16	-980
6	-1810	17	-1140
7	-3250		

Tabelle 5. Wasserwerte der Pegel

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 2, mit Isolinien des Wasserwertes erstellt und die Jahresbilanz berechnet. Das Gebiet der Rücklage (Grün) ist bestimmt durch die Schneeverfrachtung während des Jahres. Da der Wind hauptsächlich, und 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 markiert den Übergang zwischen Akkumulations- und Ablationsgebiet. Das Maximum der Ablation wurde am Zungenende des Gletschers gefunden. Aus Tabelle 6, sind die Werte der Jahresbilanz zu entnehmen.

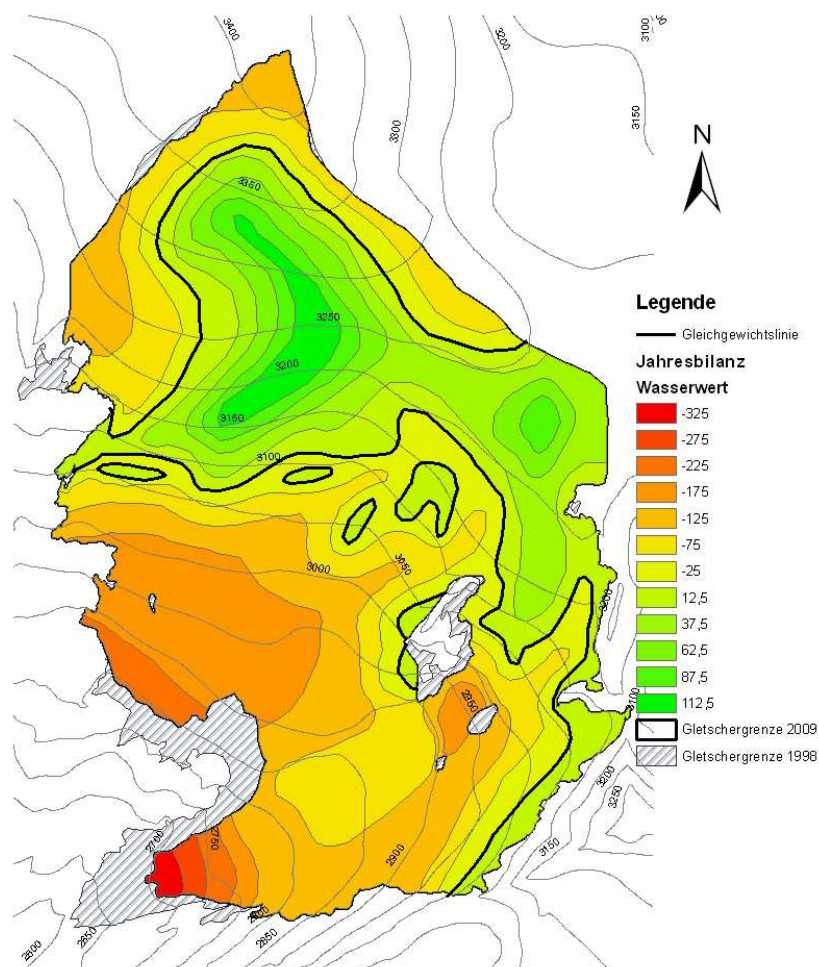


Abbildung 2. Flächen gleichen Wasserwertes [cm] der Jahresbilanz gültig für den 30.09.2009 und Gletschergrenze von 1998 und 2009 (DGPS korrigiert)

Höhenstufe	Fläche [km ²]	Bilanz [10 ³ m ³]	Wasserwert [mm]
2675	0,000	-0,7	-3250
2725	0,033	-90,2	-2772
2775	0,068	-104,7	-1537
2825	0,119	-123,2	-1032
2875	0,203	-265,4	-1308
2925	0,275	-392,2	-1426
2975	0,259	-302,0	-1166
3025	0,286	-229,4	-803
3075	0,257	-63,5	-247
3125	0,235	11,5	49
3175	0,294	41,2	140
3225	0,370	91,6	247
3275	0,293	-21,6	-74
3325	0,193	44,0	228
3375	0,114	-36,4	-319
3425	0,027	-32,4	-1211
Gesamt	3,026	-1473,6	-487

*Tabelle 6. Flächen- und Jahresbilanz-Höhenverteilung
(Werte der Höhenstufe sind Mittelwerte)*

Wie bereits bei der Winterbilanz wird über die jeweiligen Flächen integriert und anschließend mit der Gesamtfläche die spezifische Jahresmassenbilanz ermittelt.

$$B = -1,47 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$b = -487 \text{ mm}$$

Um nun auf die Sommerbilanz zu schließen, wird die Winterbilanz von der Jahresbilanz subtrahiert. Dabei gelten die oben genannten Formeln:

$$b = b_{wi} + b_{so} \quad \rightarrow \quad b_{so} = b - b_{wi}$$

Für die Sommerbilanz ergeben sich daher folgende Werte:

$$B_{so} = -6,06 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$b_{so} = -2006 \text{ mm}$$

5. Zusammenfassung der Ergebnisse

In Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Jahres-, Winter- und Sommerbilanz zusammengefasst, und in Abbildung 3 die Jahresbilanz dargestellt.

Jahresbilanz			Winter			Sommer		
Sc=	1,110	km^2						
Bc=	0,45	10^6m^3						
bc=	408	mm						
Sa=	1,916	km^2						
Ba=	-1,92	10^6m^3						
ba=	-1005	mm						
S=	3,026	km^2	S=	3,026	km^2	S=	3,026	km^2
B=	-1,47	10^6m^3	B _{wi} =	4,59	10^6m^3	B _{so} =	-6,06	10^6m^3
b=	-487	mm	b _{wi} =	1519	mm	b _{so} =	-2006	mm
Sc/S=	0,367							
H ELA=	3116	m						

Tabelle 7. Kennzahlen der Jahres-, Winter- und Sommerbilanz

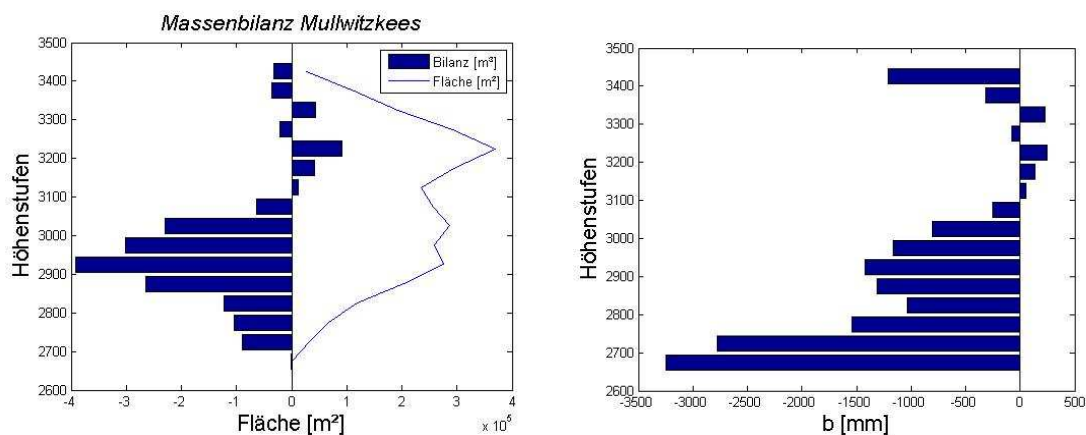


Abbildung 3. Verteilung der Gesamt- und spezifischen Massenbilanz der Höhenstufen

6. Ausblick

Nach der Sicherung der Wetterhütte mit der Eisenkette sind die Temperaturaufzeichnungen in den kommenden Jahren hoffentlich geschützt und somit brauchbar. Sollte dies nicht der Fall sein, besteht die Möglichkeit eine Wetterstation auf dem Dach der Seilbahnstation am Defreggerhaus zu installieren.

7. Mitarbeiter

Die Feldarbeiten bzw. Totalisatorablesungen wurden von M. Stocker-Waldhuber, M. Olefs, K. Helfricht, J. Abermann, M. Großhauser, A. Haberkorn, B. Hendrich, G. Markstaller, R. Mariacher, S. Jestl und H. Diesel durchgeführt. Die Auswertung und der Bericht stammen von M. Stocker-Waldhuber.