



## Äußeres Mullwitzkees

### Massenhaushalt 2006/2007



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



# Äußeres Mullwitzkees Massenhaushalt 2006/2007

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

Der vorliegende Bericht gibt eine Zusammenfassung über den Massenhaushalt des ersten 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 reduziert (siehe Abbildung 2, Seite 8).

Fläche 1998: 3,24 km<sup>-2</sup>

Fläche 2007: 3,08 km<sup>-2</sup>

Die Höhe der Gletscherzunge lag 1998 auf 2610 m und ist im Zuge der Auswertung für das Jahr 2007 auf 2690 m aktualisiert worden.

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

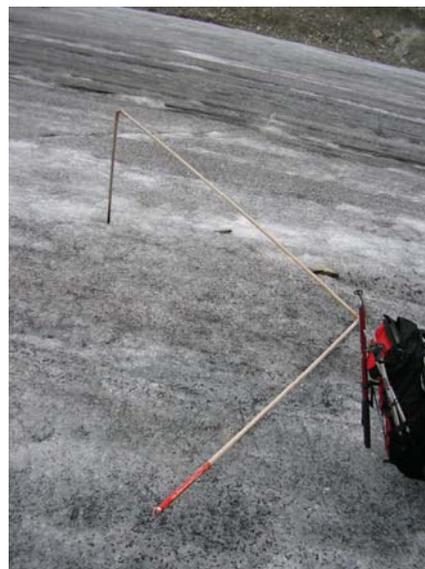
Aus Messungen im Rahmen des Gletscherinventars von 1998 ist bekannt, dass die Gletscherdicke im größten Teil des Gletschers nur zwischen 50 und 70 m beträgt. Das Mullwitzkees hat kein tiefes Firnbecken, sondern die Eisdicke wird nach oben hin eher kleiner. Dies und seine südseitige Ausrichtung lassen 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: Frühjahrsschacht mit Dichteabstich  
Foto 2. rechtes Bild: Pegel Nr. 7 am Zungenende, am 29.07.2007*

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

#### **3.1 Pegelablesungen**

Nach den Installierungsarbeiten im September 2006 war es wichtig, über den Verlauf des hydrologischen Jahres das freie Ende der Pegel abzulesen. Diese Arbeiten wurden am 02.10.2006, 30.04.2007, 29.07.2007 und am 06/07.10.2007 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 am 30. April und 01. Mai 2007 durchgeführt. Nach der Auffahrt mit dem Auto zur Johanneshütte wurden die Schi ca. 20 Minuten getragen. Es gab sehr wenig Schnee im gesamten Gebiet und sogar blanke Stellen am Kees. Übernachtet wurde am Defreggerhaus.

Das Wetter an beiden Tagen: vormittags sonnig und nachmittags Quellwolken mit vereinzelt Schneeschauern. Die Nullgradgrenze lag über 3000 m.

### 3.3 Herbstbegehung

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

Die Herbstbegehung fand am 06/07.10.2007 statt. Nach der Auffahrt mit dem Auto wurden die Ski bis zur Gletscherzunge getragen. Im unteren Bereich der Zunge lagen 10-15 cm und im oberen Bereich 50 cm Schnee. Es wurden alle Pegel abgelesen, Sondierungen durchgeführt und im Akkumulationsgebiet Schneeschächte gegraben.

Da das Defreggerhaus bereits geschlossen hatte, wurde im Winterraum übernachtet. Das Wetter an beiden Tagen: erste Auflockerungen am Vormittag des 06.10. und überwiegend Sonnenschein am Gletscher am Nachmittag. Über den Tälern noch starke Quellwolken, aufsteigender Nebel und vereinzelt Cirren. Die Temperatur lag am 06.10. um 17:30 MESZ bei 1,7°C und es war windstill. Am 07.10. den ganzen Tag sonnig und über den Tälern lag Nebel.

### 3.4 Wetterstation und Totalisator

Wichtige Parameter, die das Haushaltsjahr des Gletschers bestimmen sind unter anderen die Temperatur und der Niederschlag. Daher wurden in der Nähe des Defreggerhauses eine Wetterhütte und ein Totalisator durch den HD aufgestellt.

Ableungsdatum	Messung 1	Messung 2	Messung 3	Messung 4
02.10.2006	52,2 cm	52,1 cm	52,1 cm	52,0 cm
31.10.2006	50,1 cm	50,2 cm	50,3 cm	50,3 cm
30.11.2006	45,8 cm	45,8 cm	45,9 cm	45,7 cm
31.12.2006	44,5 cm	44,5 cm	44,6 cm	44,4 cm
01.05.2007	34,1 cm	34,2 cm	34,2 cm	34,1 cm
02.07.2007	24,7 cm	24,8 cm	24,8 cm	24,7 cm
29.07.2007	21,2 cm	21,3 cm	21,3 cm	21,2 cm
06.10.2007	10,3 cm	10,2 cm	10,2 cm	10,3 cm

Tabell1. Auslesung Totalisator

Am 31.10.2006 wurden mit zwei Technikern des HD zwei neue, ein belüfteter und ein unbelüfteter Temperaturfühler eingebaut und am Logger die Lufttemperatur in °C abgelesen. Am 30.11.2006 war jedoch die Wetterhütte aufgebrochen, eine Türseite lag am Boden und die Messung war ausgefallen. Erst am 29.07.2007 war es möglich, die Wetterhüttenür zur Reparatur ins Tal mitzunehmen. Die Tür wurde durch den HD repariert und anschließend zum Defreggerhaus gebracht, wo auch der Temperaturfühler und der Datenlogger ausgetauscht wurden. Am 06.10.2007 wurden die Temperaturdaten ausgelesen.



Foto 3. Wetterhütte mit aufgebrochener Tür

## 4. Auswertung

### 4.1 Definitionen

Es werden folgende Notationen verwendet:

S	gesamte Gletscherfläche
B	Gesamtjahresbilanz
b	spezifische Massenbilanz
S <sub>a</sub>	Fläche des Ablationsgebietes
B <sub>a</sub>	Gesamtbilanz der Ablation
b <sub>a</sub>	spezifische Bilanz der Ablation
S <sub>c</sub>	Fläche des Akkumulationsgebietes
B <sub>c</sub>	Gesamtbilanz der Akkumulation
b <sub>c</sub>	spezifische Bilanz der Akkumulation
w <sub>i</sub>	als Index bedeutet Winter
s <sub>o</sub>	als Index bedeutet Sommer
H <sub>ELA</sub>	Höhe der Gleichgewichtslinie

Es gelten folgende Beziehungen:

Für die spezifische Bilanz:

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

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

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

Für die Fläche und die Gesamtbilanz:

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

### 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, Seite 6.

Schachtnummer	Seehöhe [m]	Tiefe [m]	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Wasserwert [mm]
1	3125	1,5	464	697
2	3220	2,25	491	1104
3	3190	4,06	533	2164
4	3335	1,25	439	548
5	3400	0,26	389	101
6	3305	1,55	477	741

Tabelle 2. Frühjahrsschächte

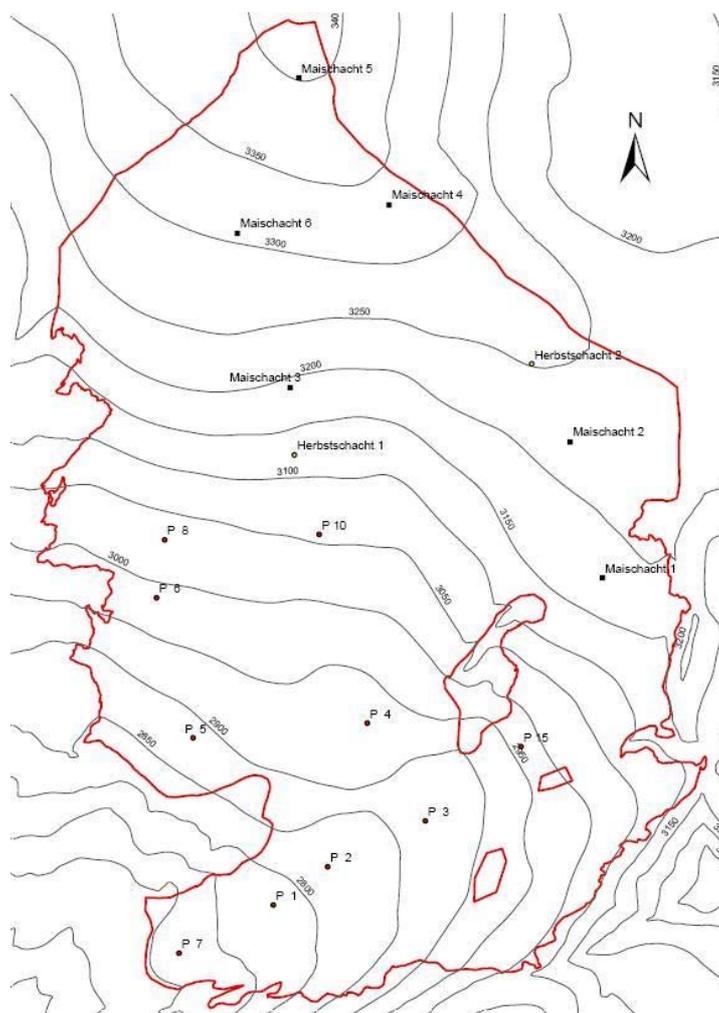


Abbildung 1. Mullwitzkees  
Lage der Pegel(P) der Frühjahrs- (Maischächte) und Herbstschächte mit Nummern der Schächte im Frühjahr und Herbst

Höhenstufe	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Bilanz [10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ]	Wasserwert [mm]
2675	0,008	1	88
2725	0,053	4	81
2775	0,074	15	200
2825	0,141	55	392
2875	0,221	86	390
2925	0,273	137	502
2975	0,262	173	661
3025	0,289	207	716
3075	0,259	202	778
3125	0,232	206	888
3175	0,294	303	1031
3225	0,370	333	899
3275	0,293	218	745
3325	0,187	111	596
3375	0,105	26	245
3425	0,022	2	100
<b>Gesamt</b>	<b>3,083</b>	<b>2079</b>	<b>674</b>

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

Aus Tabelle 3, Seite 6, sind die Werte der Winterbilanz, gültig von 01.10.2006 bis 30.04.2007, zu entnehmen. Die Winterbilanz  $B_{wi} = 2,08 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  der einzelnen Höhenstufen wird durch Integration über die jeweilige Fläche berechnet. Das entspricht, über die Gesamtfläche, einer spezifischen Winterbilanz von  $b_{wi} = 674 \text{ mm}$ .

$$B_{wi} = 2,08 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$b_{wi} = 674 \text{ mm}$$

### 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  $\rho = 900 \text{ [kg/m}^3\text{]}$  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, Seite 6.

Schachtnummer	Seehöhe [m]	Tiefe [m]	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Wasserwert [mm]
1	3125	1,6	546	874
2	3250	2,66	516	1372

Tabelle 4. Herbstschächte

Pegelnummer	Wasserwert [mm]	Pegelnummer	Wasserwert [mm]
1	-3130	6	-2120
2	-1820	7	-4220
3	-1860	8	-1630
4	-3650	10	-1700
5	-4100	15	-4400

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, Seite 8, 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, ist es nicht verwunderlich, dass die größten Schneehöhen in den Mulden bzw. im Lee der überströmten Kanten gefunden wurden. Die rote Linie markiert den Übergang zwischen Akkumulations- und Ablationsgebiet. Das Maximum der Ablation wurde am Zungenende bzw. im steilsten Gebiet des Gletschers oberhalb der Zunge gefunden. Aus Tabelle 6, Seite 8, sind die Werte der Jahresbilanz zu entnehmen.

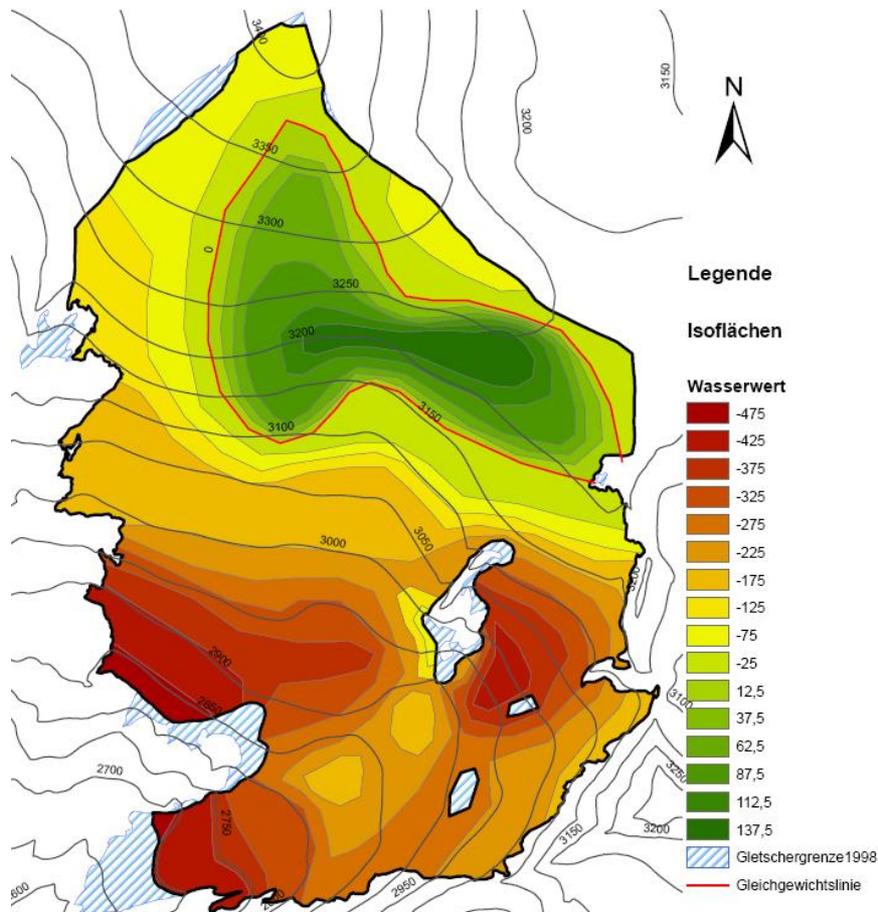


Abbildung 2. Flächen gleichen Wasserwertes der Jahresbilanz  
gültig für den 30.09.2007  
und Gletschergrenze von 1998

Höhenstufe	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Bilanz [10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ]	Wasserwert [mm]
2675	0,008	-33	-4138
2725	0,053	-217	-4091
2775	0,074	-252	-3409
2825	0,141	-393	-2784
2875	0,221	-678	-3067
2925	0,273	-893	-3271
2975	0,262	-659	-2516
3025	0,289	-621	-2148
3075	0,259	-470	-1815
3125	0,232	-220	-948
3175	0,294	-39	-131
3225	0,370	147	397
3275	0,293	-48	-164
3325	0,187	-31	-165
3375	0,105	-38	-362
3425	0,022	-17	-759
<b>Gesamt</b>	<b>3,083</b>	<b>-4462</b>	<b>-1447</b>

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.

$$B = -4,46 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$b = -1447 \text{ mm}$$

Um nun auf die Sommerbilanz zu schließen, werden die Jahresbilanz und die Winterbilanz addiert. 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:

$$B_{so} = -6,54 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$b_{so} = -2121 \text{ mm}$$

### 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=	0,639	km <sup>2</sup>	Sc <sub>wi</sub> =	3,040	km <sup>2</sup>			
Bc=	0,44	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Bc <sub>wi</sub> =	2,08	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>			
bc=	682	mm	bc <sub>wi</sub> =	684	mm			
Sa=	2,444	km <sup>2</sup>	Sa <sub>wi</sub> =	0,043	km <sup>2</sup>			
Ba=	-4,90	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Ba <sub>wi</sub> =	-0,0004	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>			
ba=	-2004	mm	ba <sub>wi</sub> =	-10	mm			
S=	3,083	km <sup>2</sup>	S=	3,083	km <sup>2</sup>	S=	3,083	km <sup>2</sup>
B=	-4,46	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	B <sub>wi</sub> =	2,08	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	B <sub>so</sub> =	-6,54	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
b=	-1447	mm	b <sub>wi</sub> =	674	mm	b <sub>so</sub> =	-2121	mm
Sc/S=	0,207		(Sc/S) <sub>wi</sub> =	0,986				
H_ELA=	3163	m						

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

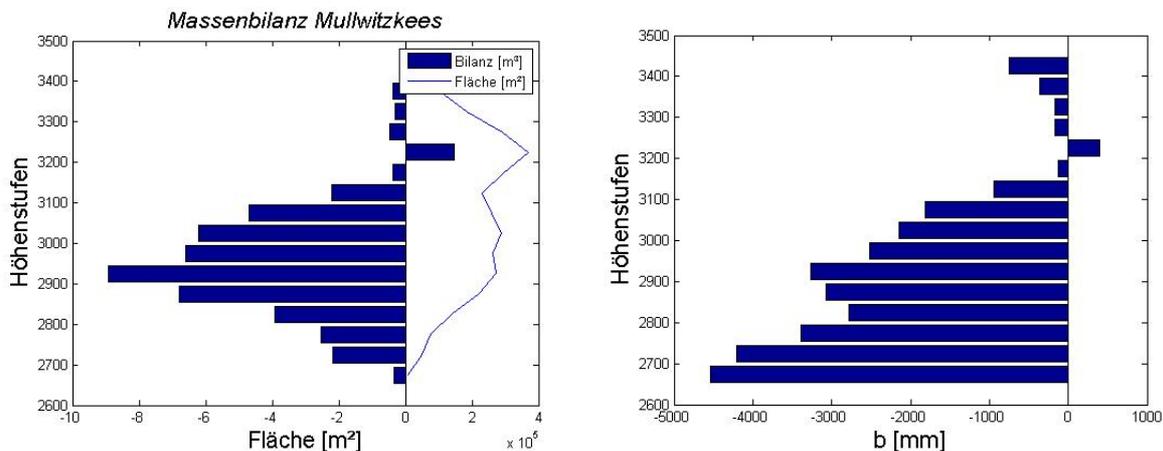


Abbildung 3. Verteilung der Gesamt- und spezifischen Massenbilanz der Höhenstufen

## **6. Ausblick**

Es wird darauf vertraut, dass in den kommenden Jahren die Wetterhütte nicht erneut aufgebrochen wird, und somit Temperaturdaten zur Verfügung stehen werden. Dies liegt jedoch an der Vernunft der Bergsteiger.

## **7. Mitarbeiter**

Die Feldarbeiten bzw. Totalisatorablesungen wurden von J. Lang, M. Stocker-Waldhuber, K. Helfricht, M. Juen durchgeführt. Die Auswertung und der Bericht stammen von M. Stocker-Waldhuber.