



## Hallstätter Gletscher

### Massenhaushalt und Klima 2007/2008



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

*Kay Helfricht<sup>1</sup>, Mag. Klaus Reingruber<sup>2</sup>, Dr. Mag. Andrea Fischer<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Institut für Meteorologie und Geophysik  
Universität Innsbruck  
Innrain 52  
A-6020 Innsbruck/Austria  
Mail: [andrea.fischer@uibk.ac.at](mailto:andrea.fischer@uibk.ac.at)  
[kay.helfricht@student.uibk.ac.at](mailto:kay.helfricht@student.uibk.ac.at)  
Internet: [www.imgi.uibk.ac.at](http://www.imgi.uibk.ac.at)  
Phone: 0043-512-507-5467  
FAX: 0043-512-507-2924

<sup>2</sup>BLUESKY Wetteranalysen  
Traunmüller u. Reingruber OEG  
Technisches Büro für Meteorologie  
Steinhüblstrasse 1  
4800 Attnang- Puchheim  
Mail: [office@blueskywetter.at](mailto:office@blueskywetter.at)  
Internet: [www.blueskywetter.com](http://www.blueskywetter.com)  
Phone: 0043-7674-20660  
Fax: 0043-7674-2066

### Kurzfassung

Seit Herbst 2006 werden am Hallstätter Gletscher Massenbilanzmessungen durchgeführt. Dabei wird mit Schneeschächten und Schmelzpegeln festgestellt, welche Menge an Schnee und Eis am Hallstätter Gletscher pro Jahr dazukommt oder abschmilzt. Wie hoch die Massenumsätze sind, hängt von der Witterung während des Jahres ab. Deshalb werden parallel zu den Messungen am Gletscher auch die Wetterdaten gemessen und aufgezeichnet. Das Land Oberösterreich sowie die Energie AG ermöglichen die Forschungsarbeiten unter der Leitung des Instituts für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck in Zusammenarbeit mit BLUE SKY Wetteranalysen.

Das erste Jahr der Messungen zeigte eine leicht negative Bilanz mit einem mittleren Eisdickenverlust von 42 cm. Die Messungen im zweiten Bilanzjahr vom 1.10.2007 bis 30.09.2008 ergaben einen mittleren Höhenverlust des Hallstätter Gletscher von 78 cm. Dies entspricht der Menge von 2128 Millionen Liter Wasser. Der 2008 am Hallstätter Gletscher gemessene Verlust ist damit um den Faktor 2 größer als im vergangenen Haushaltsjahr. Dies ist vor Allem auf die enormen Neuschneemengen im September 2007 zurückzuführen, welche die Bilanz 2006/2007 positiv beeinflussten. Die lang andauernde Schmelzperiode 2008 wirkte hingegen ausgleichend auf die erhöhte Winterakkumulation 07/08.



Abbildung 1.1. Webcamaufnahmen des Hallstätter Gletschers von der ersten Ausaperung bis zum Datum der maximalen Ablation. v.l.n.r. am 10.06., 01.07., 01.08. und 12.09.2008



Abbildung 1.2. Messarbeiten in einem Schneeschacht

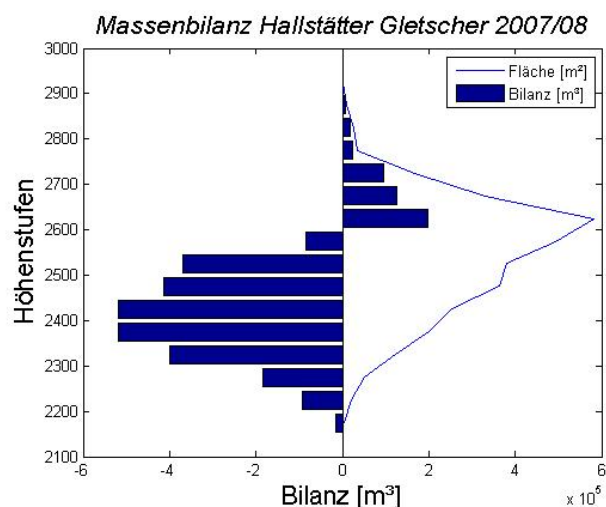


Abbildung 1.3. Massenbilanz und Verteilung der Fläche des Hallstätter Gletschers nach Höhenstufen 2007/2008

## **Inhaltsverzeichnis**



*1. Ziel der Massenbilanzmessungen*

*2. Das Untersuchungsgebiet*

*3. Klima und Witterungsverlauf*

*4. Massenbilanz*

*4.1. Methode*

*4.2. Durchgeführte Feldarbeiten 2007/2008*

*4.3. Auswertung*

*4.4. Zusammenfassung der Ergebnisse*

*5. Ausblick*

*6. Anhang*

*6.1. Definitionen*

*6.2. Mitarbeiter*

*6.3. Literatur*

## 1. Ziel der Massenbilanzmessungen

Gletscher sind empfindliche Indikatoren für Klimaänderungen. Dennoch gibt es weltweit nur wenige Gletscher an denen langjähriger Reihen des Massenhaushaltes gemessen werden (IPCC 2007). Massenbilanzmessungen dienen dabei zur Untersuchung des direkten Zusammenhanges zwischen Gletschern und dem Klima. Diese Verbindung drückt sich langfristig in Flächen- und Volumsänderungen aus. Entscheidend für die Entwicklung eines Gletschers sind Veränderungen im Bereich des Massengewinnes, der Akkumulationszone, und der Bereich des Massenverlustes, der Ablationszone. Abbildung 1.4 zeigt einen schematischen Schnitt entlang der zentralen Fließlinie eines Gletschers.

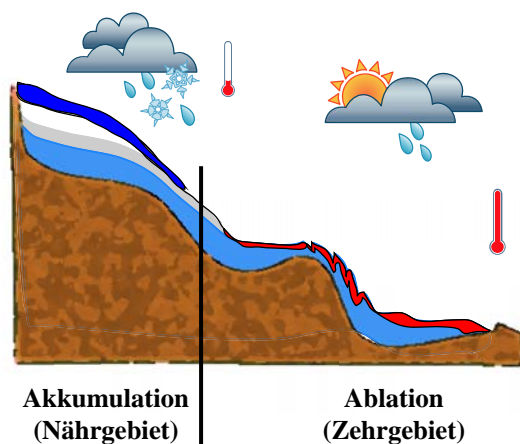


Abbildung 1.4. Schematischer Schnitt entlang der zentralen Fließlinie eines Gletschers. Farblich dargestellt sind die Eismasse des Gletschers (hellblau), im Bereich der Akkumulation Schnee (dunkelblau) und Firn (weiß/grau) sowie der Massenverlust (rot) im Ablationsgebiet. Die Thermometer geben die relativen Temperaturverhältnisse wieder.

Gelegen im Dachsteingebiet, gehört der Hallstätter Gletscher zu den nördlichen Kalkalpen und wird von den klimatischen Bedingungen des Alpennordrandes beeinflusst. Speziell in dieser Region treten erhöhte Niederschlagsmengen gegenüber dem Alpenhauptkamm auf. In Folge dessen kann sich der Gletscher in niedrigeren Höhenstufen halten. In Verbindung mit meteorologischen Daten und Massenbilanzmessungen über mehrere Jahre können solche Beziehungen näher untersucht werden.

Im Folgenden werden die Ergebnisse für das Massenhaushaltsjahr 2007/2008 dargelegt.



## 2. Das Untersuchungsgebiet

Der Hallstätter Gletscher ist mit über 3 km<sup>2</sup> der größte Gletscher der nördlichen Kalkalpen (Lambrecht und Kuhn, 2007). Im Jahre 2007 wies er die in Tabelle 2.1 angeführten topographischen Daten auf. Er besitzt eine nordostseitige Ausrichtung. Dies sowie die gebietsweise Abschattung durch umrandende Felswände verhindern einen stärkeren Einfluss der direkten Strahlung. Der Hallstätter Gletscher weist oberhalb 2550 Meter Höhe ein größeres Plateau auf, dem sich drei kurze Zungen anschließen. Wie aus Abbildung 2.2 ersichtlich, befindet sich der flächenmäßig größte Teil um 2600 Meter Höhe.

Mit einer Fläche von 3,04 km<sup>2</sup> (Gletschergrenze aus DGM 2007) verlor der Gletscher rund 40% seiner Ausdehnung gegenüber dem Gletscherhochstand 1856.

Fläche	3,041 km <sup>2</sup>
Höchster Punkt	2900 m
Tiefster Punkt	2178 m
Exposition:	Nordost

Tabelle 2.1. Topographie Hallstätter Gletscher (nach Höhenmodell 2007)

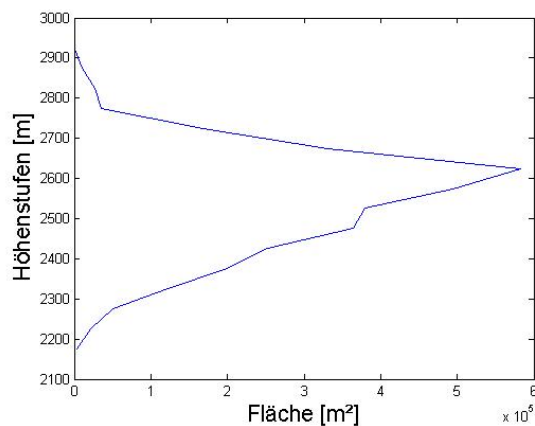


Abbildung 2.2. Flächen-Höhenverteilung des Hallstätter Gletschers 2007

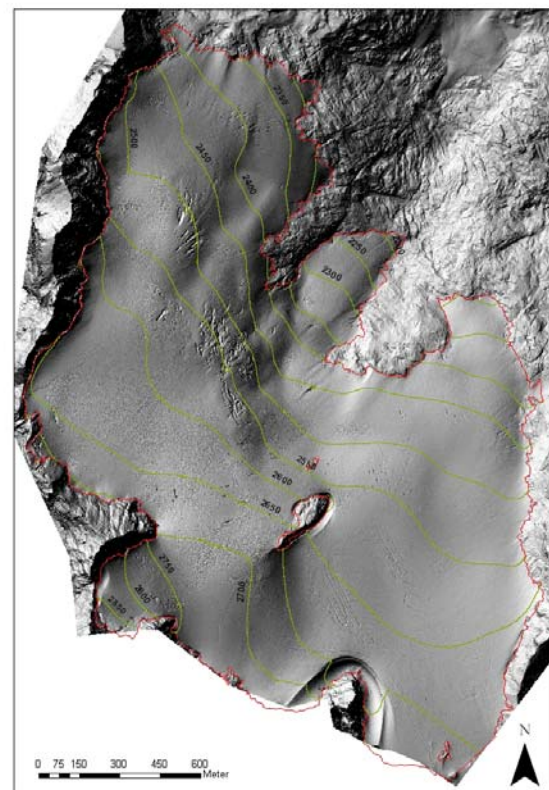


Abbildung 2.3. Relief aus Höhenmodell 2007 mit Gletschergrenze (rot) und Höhenlinien (grün)

### 3. Klima und Witterungsverlauf

Die klimatischen Randbedingungen für den Hallstätter Gletscher unterscheiden sich von den anderen österreichischen Gletschern mit Massenhaushaltsmessungen, welche am Alpenhauptkamm liegen. Aufgrund seiner Exposition und Lage am Alpennordrand treten gegenüber dem österreichischen Mittel erhöhte Niederschlagsmengen auf. Dies begründet sich durch luvseitige Staueffekte bei nordwest- bis nordöstlicher Anströmung.

Für den Massenhaushalt eines Gletschers in unserer Alpenregion sind drei meteorologische Parameter von besonderer Bedeutung:

1. der Niederschlag während des Winters,
2. die Sommertemperatur und
3. die Anzahl und Menge der Neuschneefälle während des Sommers.

Der Zeitraum der Winterbilanz startete mit kühleren Temperaturen gegenüber dem langjährigen Mittel von 1991 - 2000. Die Monate Oktober und November zeigten hier negative Abweichungen. Dazu fiel im November überdurchschnittlich viel Niederschlag, wobei am Hallstätter Gletscher mehr als 2 Meter Schnee akkumuliert wurden. Die Monate Januar und Februar zeigten sich hingegen deutlich wärmer als das Mittel. Im März wurde nochmals überdurchschnittlich viel Niederschlag gemessen, welcher zu einem weiteren Anwachsen der Schneedecke beitrug.

Die Ablationssaison startete 2008 im Mai und Juli mit wärmeren Temperaturen und geringeren Niederschlagsmengen gegenüber dem Mittel. Die folgenden Monate Juli, August und September zeigten durchschnittliche Temperaturwerte. Der September fiel etwas zu trocken aus. Abweichungen der Temperatur und des Niederschlags gegenüber dem langjährigen Mittel von 1971 – 2000 sind in den Abbildungen 3.1a und 3.1b ersichtlich.

Der Winter 2007/2008 brachte eine erhöhte Schneeakkumulation. Damit verzögerte sich der Beginn der Ausaperung des Eises um circa 20 Tage gegenüber dem Vorjahr. Über den Sommer traten keine Niederschläge in Form von Schnee auf, welche die Ablation hätten verringern können. Die Ablationssaison dauerte bis Mitte September an.

Eine graphische Aufstellung der monatlichen Niederschlagssummen ist in Abbildung 4.2c zu finden.

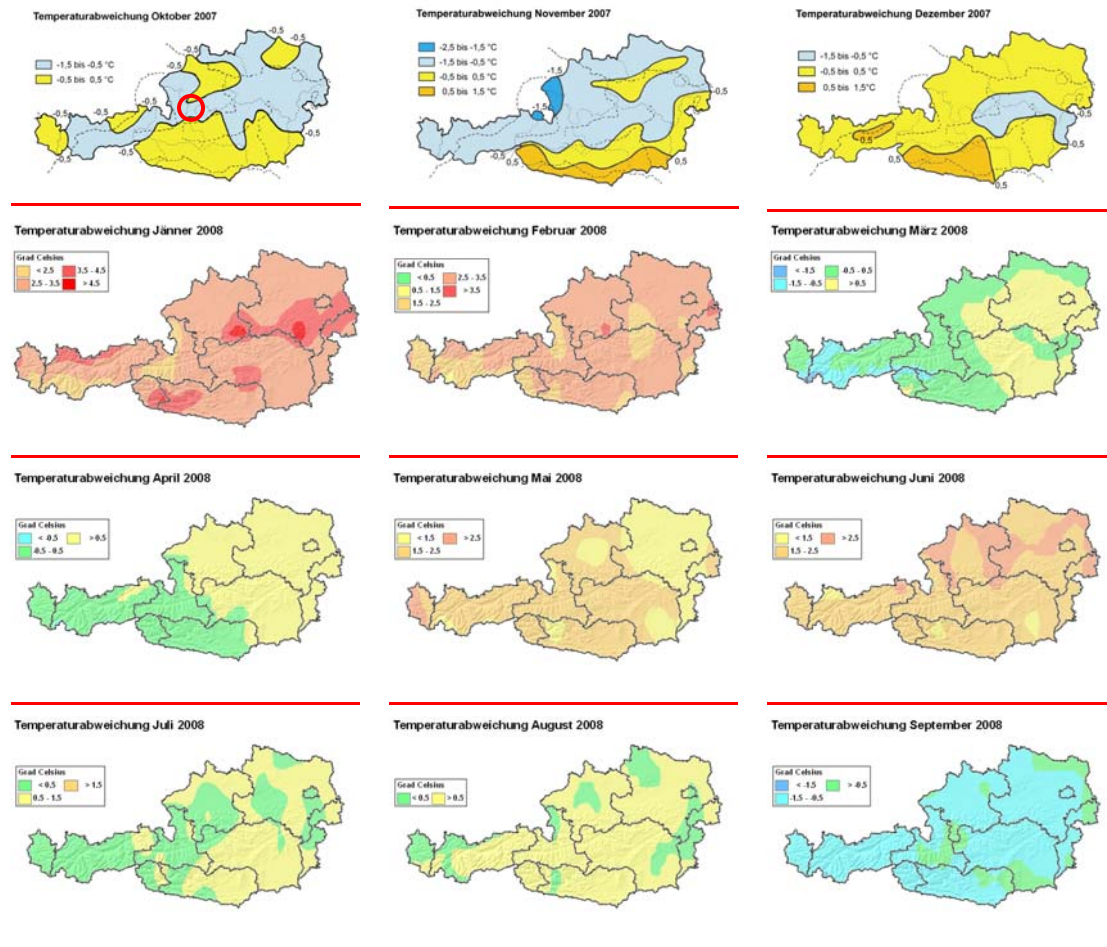


Abbildung 3.1a. Übersicht der Abweichungen vom langjährigen Mittel der Temperatur und (Mittel bezogen auf die Periode 1971 bis 2000). Die Abbildungen werden von der ZAMG unter [www.zamg.ac.at](http://www.zamg.ac.at) zur Verfügung gestellt. Oben links rot markiert die Dachsteinregion

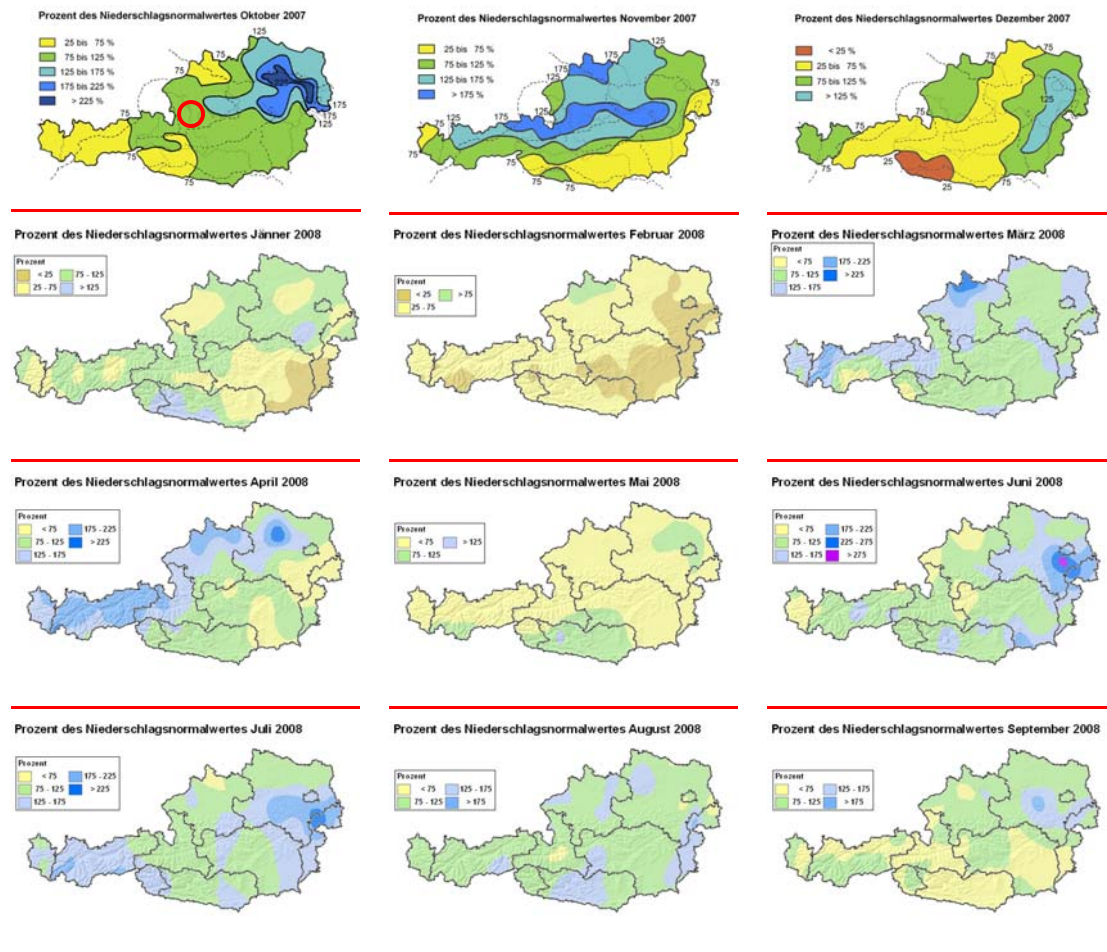


Abbildung 3.1b. Übersicht der Abweichungen vom langjährigen Mittel der Monatssumme des Niederschlages (Mittel bezogen auf die Periode 1971 bis 2000). Die Abbildungen werden von der ZAMG unter [www.zamg.ac.at](http://www.zamg.ac.at) zur Verfügung gestellt. Oben links rot markiert die Dachsteinregion.

## 4. Massenbilanz

### 4.1. Methode

Der Massenhaushalt eines Gletschers beschreibt, wie viel Schnee oder Eis in einem Haushaltsjahr dazugekommen oder abgeschmolzen ist. Zur Erstellung der Massenbilanz mit der direkten glaziologischen Methode werden Messungen an mehreren Stellen eines Gletschers vorgenommen. Im Ablationsgebiet (Zehrgebiet) dienen Holzpegel dazu, anhand Ablesens des freien Endes die Schmelze zu ermitteln. Im Akkumulationsgebiet (Nährgebiet) werden Schächte bis zur Gletscheroberfläche des Vorjahres gegraben. Aus deren Dichteprofil wird das Wasseräquivalent des akkumulierten Schnees errechnet. Der Massenhaushalt wird für den Zeitraum des hydrologischen Jahres vom 1.10. bis 30.09. des darauffolgenden Jahres bestimmt. Aus der Aufsummierung der Akkumulation des Winterhalbjahres mit der Ablation der Schmelzsaison erhält man die Massenbilanz eines Jahres.





Abbildung 4.1a. Herbstschacht. Zu erkennen ist der Schmutzhorizont der Oberfläche des Winterschnees (a), darüber der im September gefallene Neuschnee. Am Boden der Schmutzhorizont aus 2007 (b).



Abbildung 4.1b. Beim Pegelbohren auf der östlichen Zunge des Hallstätter Gletschers am 11.08.2008.

## 4.2. Durchgeführte Feldarbeiten

### Pegelablesungen

Das Pegelnetz am Hallstätter Gletscher wurde am 07.09.2006 installiert. 2007 folgte eine Erweiterung des Pegelnetzes. Auch 2008 wurden neben dem Erneuern der alten Pegel weitere hinzugefügt. Ablesungen fanden am 10.07.2008, 11.08.2008, 27.08.2008 sowie zur Herbstbegehung am 29.09.2008 statt. Die Positionen der Pegel und Schächte sind aus Abbildung 4.2a zu entnehmen.

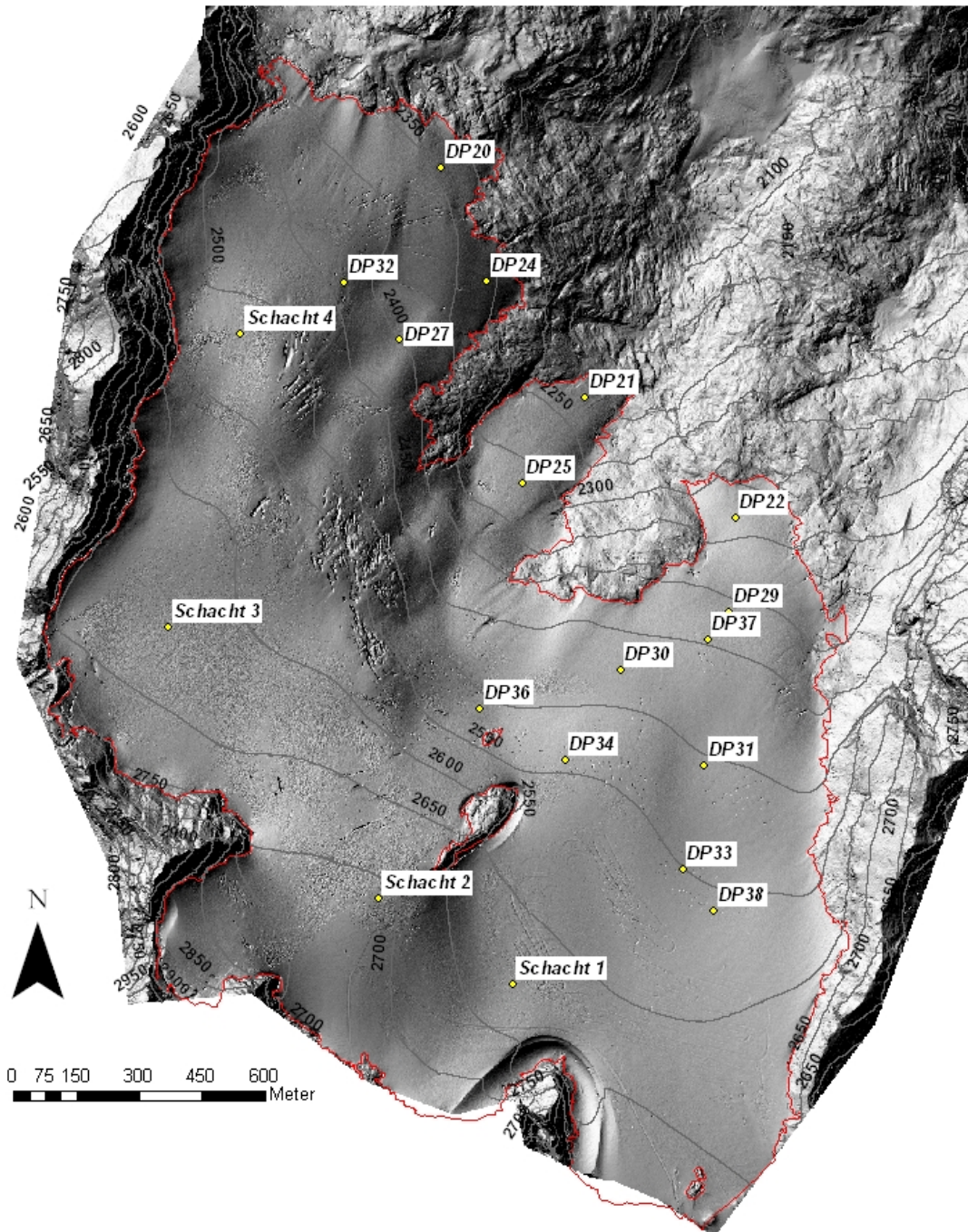


Abbildung 4.2a. Positionen der Pegel und Schächte 2007/2008 mit 50m - Höhenschichtlinien und Gletschergrenze 2007 (rot). Kartengrundlage shaded relief des Digitalen Höhenmodells aus Laserscandaten (2006) in Gauß Krüger Koordinaten A31.

## Frühjahrsbegehung

Um verschiedene Gletscher zu bestimmten Zeitpunkten vergleichen und die Winterbilanz erstellen zu können, wird stets um den 01. Mai des Jahres die Frühjahrsbegehung durchgeführt. Das Graben von Schächten und die Erstellung des Dichteprofils sowie die Sondierungen der Schneedecke dienen hierbei zur Ermittlung des akkumulierten Wasseräquivalents.

Die Frühjahrsbegehung des Hallstätter Gletschers fand am 06. und 07. Mai 2008 statt. Als Ausgangspunkt diente die Dachsteinbahn am Hunerkogel. Übernachtet wurde auf der Seethaler Hütte (Dachsteinwarte). Im Rahmen der Begehung wurden zwei Schächte gegraben sowie über die östliche und mittlere Zunge sondiert. Zusätzlich erfolgte die Bestimmung der Mächtigkeit der Schneedecke mittels eines Radarmessgerätes. Dieses misst mit 500 MegaHertz in einem hochfrequenten Bereich. Das Signal wird an internen Grenzschichten in der Schneedecke oder an der Grenzfläche von Schnee zu Eis reflektiert. Die Zugbahn wurde mit einem GPS aufgenommen und am Gletscherrand sowie an die Schächte angehängt. Daraus ergab sich eine räumlich hoch aufgelöste Verteilung der Schneehöhe des Winterschnees. In Abbildung 4.2b ist die Verteilung der Schneedecke dargestellt durch die Winterbilanz.

### Winterbilanz Hallstätter Gletscher

01.10.2007 - 30.04.2008

erstellt von  
Kay Helfricht  
Institut für Meteorologie und Geophysik  
Universität Innsbruck  
den 05.01.2009

#### Legende

- Gletschergrenze 2007
- Höhenschichtlinien 50m

#### Winterbilanz Isoflächen

##### Wasserwert cm

- 125
- 175
- 225
- 275
- 325
- 375
- 425
- 475

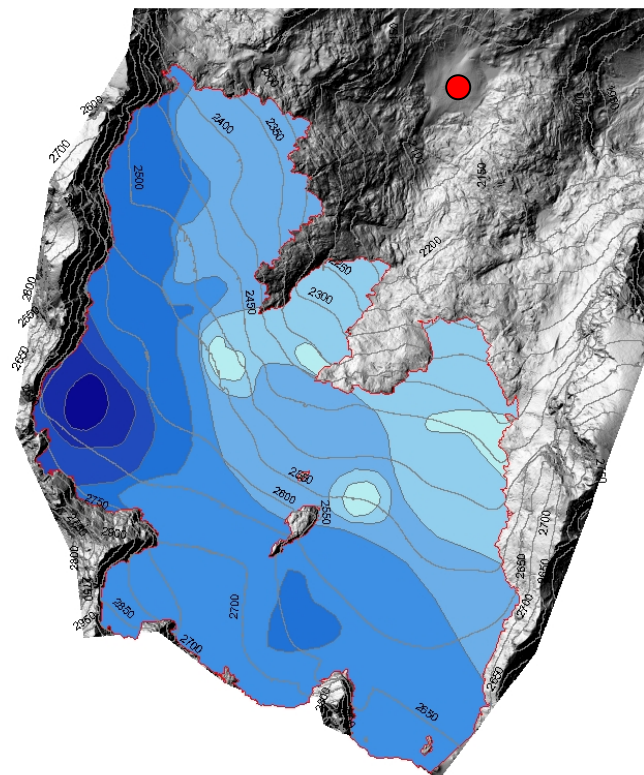
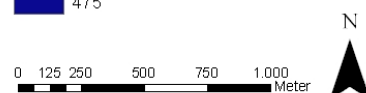


Abbildung 4.2b. Flächen gleicher Winterbilanz des Hallstätter Gletschers aus Radarmessdaten. Rot markiert der Standpunkt des Totalisators.



Herbstbegehung

Bei der Herbstbegehung werden zusätzlich zu den 4 Schächten und Sondierungen Pegelablesungen durchgeführt. Anhand der Ergebnisse dieser Messungen wird die Jahresbilanz des hydrologischen Jahres erstellt.

Die Herbstbegehung fand am 29. und 30. September 2008 statt. Ausgangspunkt war die Dachsteinbahn am Hunerkogel. Übernachtet wurde wieder auf der Seethaler Hütte (Dachsteinwarte). Zu diesem Zeitpunkt war bereits eine geringe, aber durchgängige, frisch akkumulierte Schneedecke vorhanden.

Totalisator

Ein weiteres wichtiges Instrument zur Erstellung von Massenbilanzen ist der Totalisator. Er dient zur Erfassung des Gebietsniederschlags. Der Totalisator befindet sich im Bereich der tiefsten Zunge des Hallstätter Gletschers auf einem sandigen Schutthügel. Diese Stelle ist in Abbildung 2.4b mit einem roten Kreis markiert. Im Verlauf des Jahres wird er regelmäßig abgelesen. Die Ablesung wird anschließend mit Korrekturen auf den Ersten des Monats gerechnet, um so die Werte mit anderen Niederschlagsmessungen in den Alpen zu vergleichen.

2007/2008		Stand	Differenz	Niederschlag	Monatsrechnung	
<b>1. Ablesung</b>	24.09.2007	56,5			31.10.2007	153
	21.01.2008	39,8	16,7	<b>671,51</b>	30.11.2007	317
<b>2. Ablesung</b>	13.04.2008	26,7	13,1	<b>526,75</b>	31.12.2007	143
	entleert Stand neu	40,2			31.01.2008	136
<b>3. Ablesung</b>	06.05.2008	37	3,2	<b>128,64</b>	29.02.2008	89
<b>4. Ablesung</b>	02.06.2008	36,6	0,4	<b>16,08</b>	31.03.2008	278
<b>5. Ablesung</b>	09.07.2008	28,1	8,5	<b>341,78</b>	30.04.2008	187
<b>6. Ablesung</b>	31.07.2008	21	7,1	<b>285,49</b>	31.05.2008	27
	entleert Stand neu	47,22			30.06.2008	247
<b>7. Ablesung</b>	22.10.2009	34,04	13,18	<b>529,96</b>	31.07.2008	397
	entleert/neu befüllt Stand neu	49,7			31.08.2008	180
<b>SUMME (mm)</b>				<b>2500,21</b>	30.09.2008	105
						<b>2259</b>

Tabelle 4.2. Messwerte des Totalisators am Hallstätter Gletscher 2007/2008. Die Niederschlagswerte verstehen sich in mm.

Mit einem Jahresniederschlag von 2259mm zeigte sich das Haushaltsjahr 2007/2008 gegenüber 2006/2007 (2615mm) niederschlagsärmer. Der Unterschied von 356mm beziehungsweise rund 14% des Jahresniederschlags wurde vor Allem durch die große Differenz des Monats September beider Jahre hervorgerufen. Dies ist auch gut in Abbildung 4.2c ersichtlich, welche die Monatsmittel beider Haushaltsjahre graphisch darstellt. Für den Zeitraum der Winterbilanz summierten sich 1000mm im Niederschlagsmesser.



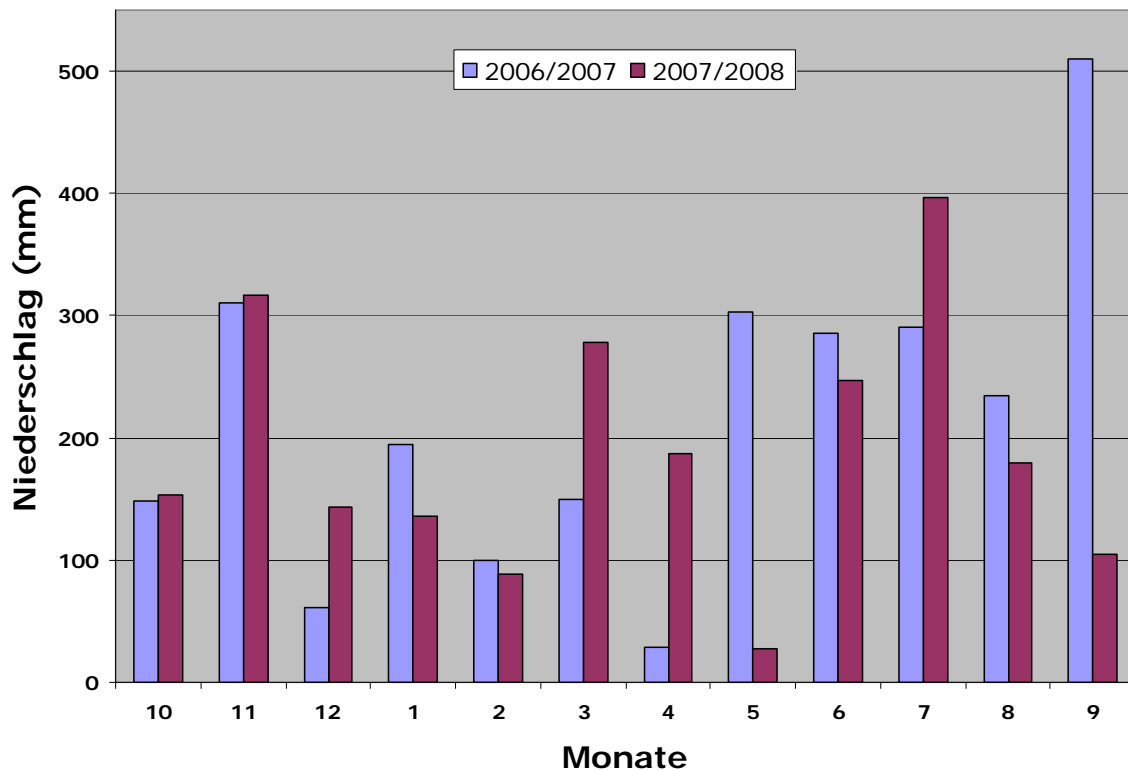


Abbildung 4.2c. Vergleich der monatlichen Niederschlagssummen der Haushaltsjahre 2006/2007 und 2007/2008.

### 4.3. Auswertung

#### Winterbilanz

Die Winterbilanz bezieht sich auf den Zeitraum vom 1.10. eines bis zum 30.4. des darauffolgenden Jahres. Für die Winterbilanz wird zunächst der Wasserwert der Schneedecke an den Schachtpositionen aus dem Dichteprofil ermittelt. Anhand von Sondierungen sowie Radarmessungen wird die Höhe der Schneedecke gemessen und mit der mittleren Dichte der Schächte auf den Wasserwert geschlossen. Zwischen diesen Punktmessungen wird über die Fläche des Gletschers interpoliert. Aus Tabelle 4.3a gehen Dichte und Wasserwert der Schächte hervor.

Schachtnummer	Seehöhe [m]	Tiefe [m]	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Wasserwert [mm]
---------------	-------------	-----------	-----------------------------	-----------------

1	2406	6,00	447	2680
2	2719	6,00	444	2665

Tabelle 4.3a. Frühjahrsschächte

Höhenstufe m	Fläche km <sup>2</sup>	Bilanz 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Wasserwert mm
2150 - 2200	0,003	5,5	1750
2200 - 2250	0,022	38,5	1750
2250 - 2300	0,05	94,1	1869
2300 - 2350	0,122	238,8	1961
2350 - 2400	0,2	407,9	2038
2400 - 2450	0,253	521,9	2067
2450 - 2500	0,364	830,7	2283
2500 - 2550	0,379	875,5	2309
2550 - 2600	0,494	1300,3	2630
2600 - 2650	0,582	1861	3196
2650 - 2700	0,33	972,6	2943
2700 - 2750	0,168	468,6	2792
2750 - 2800	0,036	98,8	2751
2800 - 2850	0,027	74,1	2750
3850 - 2900	0,01	28,3	2750
<b>gesamt</b>	3,041	7816,7	2570

Tabelle 4.3b. Flächen- und Höhenverteilung der Winterbilanz

Tabelle 4.3b zeigt die Werte der Winterbilanz nach Höhenstufen, gültig von 01.10.2007 bis 30.04.2008. Die Winterbilanz  $B_{wi} = 7,817 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  wird durch Integration über die jeweiligen Flächen der Höhenstufen berechnet. Das entspricht, über die Gesamtfläche, einer spezifischen Winterbilanz von  $b_{wi} = 2570 \text{ mm}$ .

$$B_{wi} = 7817 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

$$b_{wi} = 2570 \text{ mm}$$

Jahresbilanz

Für die Jahresbilanz werden zusätzlich zu den Schächten die Messwerte der Ablation an den Pegeln hinzugezogen (Tabelle 4.3c). Mit den Messungen zur Herbstbegehung am Ende des hydrologischen wird erneut der Wasserwert an den Schachtpositionen ermittelt (Tabelle 4.3d). An den Pegeln wird anhand des über die Ablationssaison freigelegten Endes unter Verwendung der mittleren Dichte von Eis  $\rho = 900 \text{ [kg/m}^3\text{]}$  der Massenverlust an der Eisoberfläche berechnet..

Pegelnummer	Wasserwert	Pegelnummer	Wasserwert
-------------	------------	-------------	------------

	[mm]		[mm]
DP 20	-3340	DP 31	-1560
DP 21	-4350	DP 32	-1590
DP 22	-3270	DP 33	-1150
DP 24	-3890	DP 34	-2220
DP 25	-3460	DP 36	-980
DP 27	-1480	DP 37	-2780
DP 29	-2630	DP 38	-90
DP 30	-960		

Tabelle 4.3c. Wasserwerte der Pegel

Schachtnummer	Seehöhe [m]	Tiefe [m]	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Wasserwert [mm]
1	2625	3,85	544	2094
2	2719	2,24	510	1143
3	2629	2,23	493	1099
4	2474	2,39	501	1198

Tabelle 4.3d. Herbstschächte

Höhenstufe m	Fläche km <sup>2</sup>	Bilanz 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Wasserwert mm
2150 - 2200	0,003	-14,7	-4670
2200 - 2250	0,022	-92,6	-4207
2250 - 2300	0,050	-185,1	-3675
2300 - 2350	0,122	-398,3	-3270
2350 - 2400	0,200	-518,3	-2589
2400 - 2450	0,253	-519,4	-2057
2450 - 2500	0,364	-412,1	-1133
2500 - 2550	0,79	-368,9	-973
2550 - 2600	0,494	-84,1	-170
2600 - 2650	0,582	197,4	339
2650 - 2700	0,330	126,9	384
2700 - 2750	0,168	95,5	569
2750 - 2800	0,036	22,4	625
2800 - 2850	0,027	16,8	625
3850 - 2900	0,010	6,4	625
<b>gesamt</b>	<b>3,041</b>	<b>-2128,1</b>	<b>-700</b>

Tabelle 4.3e. Flächen- und Höhenverteilung der Jahresbilanz

Durch Integration der jeweiligen Flächen in den Höhenstufen und dem Bezug auf die Gesamtfläche des Gletschers wird die spezifische Jahresmassenbilanz ermittelt.

$$B = -2128,7 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

$$b = -700 \text{ mm}$$

Aus den Sondierungen der Altschneedicke, Fotos, Webcam-Bildern und den Wasserwerten an Schächten und Pegeln wird eine Karte mit Isoflächen gleicher

spezifischer Massenbilanz erstellt. Damit werden über die Flächen- und Höhenverteilung die Jahresbilanz sowie die Bilanz der einzelnen Höhenstufen berechnet. Abbildung 4.3f zeigt das Akkumulationsgebiet (grün) und das Ablationsgebiet (gelb/rot). Diese werden von der Nulllinie getrennt. Am Hallstätter Gletscher sind diese zwei Gebiete annähernd gleichgroß. Das Akkumulationsgebiet ist sehr ausgeprägt, da der Gletscher im oberen Gebiet von Felsen umgeben ist. Diese schützen zu einem vor Windverfrachtung und erzeugen je nach Anströmung zusätzlich Lee- bzw. Staueffekte, welche sich positiv auf den Aufbau der Schneedecke auswirken. Auch tragen die Wände mit Lawinen und Schneerutschen direkt zur Akkumulation bei. Zudem schützen sie im Sommer besonders am späteren Nachmittag vor dem Strahlungseinfluss der Sonne. Somit lag das ganze obere Plateau des Gletschers im Haushaltsjahr 2007/08 über der Gleichgewichtslinie. Da die Zungen des Hallstätter Gletschers verhältnismäßig kurz sind, tritt das Maximum der Ablation nur auf einer geringen Fläche auf, was einem stärker negativ ausfallenden Massenhaushalt ebenfalls entgegenwirkt.

### Massenbilanz Hallstätter Gletscher

01.10.2007 - 30.09.2008

erstellt von  
Kay Helfricht  
Institut für Meteorologie und Geophysik  
Universität Innsbruck  
den 05.01.2009

#### Legende

- Gletschergrenze 2007
- Gleichgewichtslinie 2008
- Höhenschichtlinien 50m

#### Massenbilanz Isoflächen

##### Wasserwert (cm)

- 475
- 425
- 375
- 275
- 225
- 175
- 125
- 75
- 25
- 12,5
- 37,5
- 62,5

0 125 250 500 750 1.000  
Meter

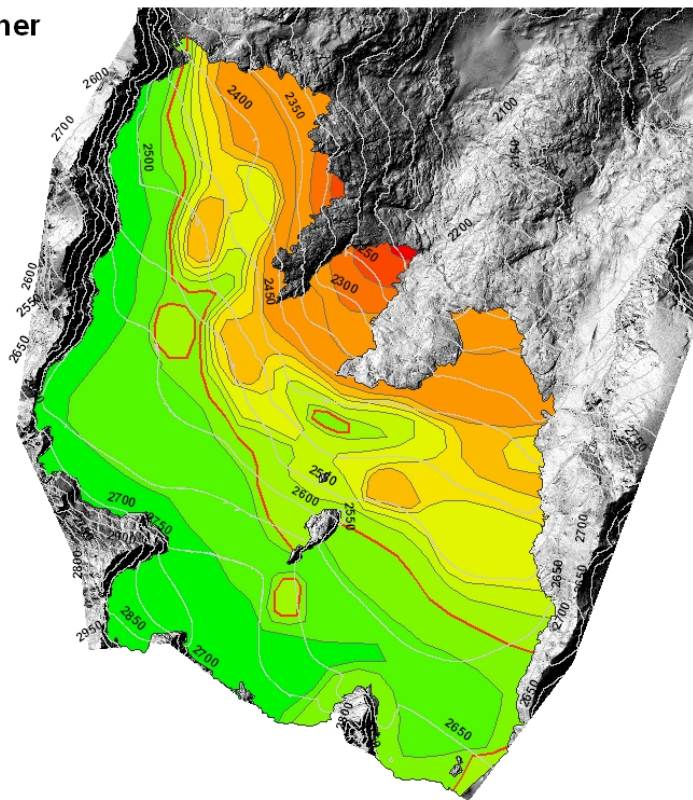


Abbildung 4.3f. Flächen gleichen Wasserwertes der Jahresbilanz 2007/2008

### Sommerbilanz



Die Sommerbilanz ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Massenhaushalt des hydrologischen Jahres und der Winterbilanz.

$$b_{so} = b - b_{wi}$$

Für die Sommerbilanz ergeben sich daher folgende Werte:

$$B_{so} = -9944 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

$$b_{so} = -3270 \text{ mm}$$

#### 4.4. Zusammenfassung der Ergebnisse

Tabelle 4.4a zeigt nochmals die Beziehung zwischen Jahres-, Winter- und Sommerbilanz auf. Die Höhe der Gleichgewichtslinie wurde aus den Spezifischen Massenbilanzen der Höhenstufen ermittelt.

	Jahresbilanz		Winterbilanz		Sommerbilanz	
<b>Sc=</b>	1,490	km <sup>2</sup>	3.041	km <sup>2</sup>	0	km <sup>2</sup>
<b>Bc=</b>	595,7	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	7816,7	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	0	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
<b>bc=</b>	400	mm	2570	mm	0	mm
<b>Sa=</b>	1,551	km <sup>2</sup>	0	km <sup>2</sup>	3.041	km <sup>2</sup>
<b>Ba=</b>	-2723,7	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	0	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	-9944,8	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
<b>ba=</b>	-1756	mm	0	mm	-3270	mm
<b>S=</b>	3.041	km <sup>2</sup>	3.041	km <sup>2</sup>	3.041	km <sup>2</sup>
<b>B=</b>	-2128,1	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	7816,7	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	-9944,8	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
<b>b=</b>	-700	mm	2570	mm	-3270	mm
<b>Sc/S=</b>	0,49		1		0	
<b>ELA=</b>	2592	m				

Tabelle 4.4a. Kennzahlen der Jahres-, Winter- und Sommerbilanz

Die Abbildungen 4.4b und 4.4c geben die Jahresbilanz wieder.

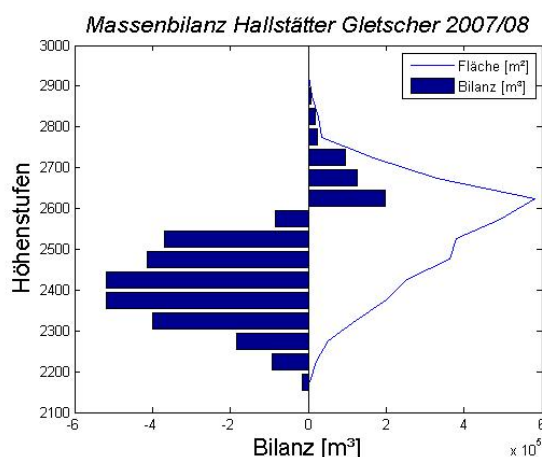


Abbildung 4.4b. Bilanz der Höhenstufen

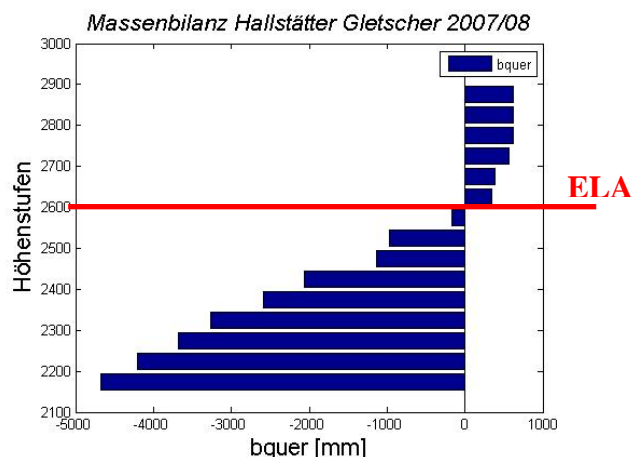


Abbildung 4.4c. Mittlere spezifische Massenbilanz der Höhenstufen und ELA

Vergleich mit anderen Gletschern

	Hallstätter Gletscher	Hintereisferner	Kesselwandferner	Jamtalferner	
Sc=	1,490	1,55	1,57	0,281	km <sup>2</sup>
Bc=	595,7	350	300	60	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
bc=	400	229	190	226	mm
Sa=	1,551	5,55	2,21	3,032	km <sup>2</sup>
Ba=	-2723,7	-9130	-1980	-3310	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
ba=	-1756	-1644	-896	-1093	mm
S=	3,041	7,10	3,78	3,314	km <sup>2</sup>
B=	-2128,1	-8770	-1680	-3250	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
b=	-700	-1235	-444	-981	mm
Sc/S=	0,49	0,22	0,42	0,085	
ELA=	2592	3276	3224	>Gipfelniveau	m

Abbildung 4.4d. Vergleich der Massenbilanzgrößen des Hallstätter Gletschers mit Werten von Hintereis-, Kesselwand- und Jamtalferner für das Haushaltsjahr 2007/2008

Während das hydrologische Jahr 2007/2008 für Hintereis-, Jamtal- und Kesselwandferner im Vergleich zum Vorjahr weniger negative Bilanzen aufweist, fällt die Massenbilanz am Dachstein stärker negativ aus. Trotzdem zeigt sich, dass aufgrund der erhöhten Niederschlagsmengen im Nordstau die Höhe der Gleichgewichtslinie (ELA) über 600 Meter niedriger als am Alpenhauptkamm liegt. Auch das Verhältnis zwischen Akkumulations- zur Gesamtfläche weist auf einen mehr ausgeglichenen Haushalt hin.

5. Ausblick

Das Projekt zur Untersuchung des Massenhaushaltes am Hallstätter Gletscher ist auf 5 Jahre ausgelegt. Im zweiten Jahr der Messungen zeigt sich wieder eine negative Massenbilanz. Mit fortführender Auswertung der registrierten Wetterdaten zusätzlich zu denen des Massenhaushaltes wird es die Aufgabe sein, das Verhalten und die Reaktion des Gletschers sowie dessen Bilanz auf das Klima zu verstehen.

6. Anhang**6.1. Mitarbeiter**

Die Feldarbeiten bzw. Totalisatorablesungen wurden von Dr. Mag. A. Fischer, Mag. K. Reingruber, Mag. W. Traunmüller, Mag. M. Olefs; M. Stocker-Waldhuber, K. Helfricht, A. Haberkorn, M. Presser, Elke Lemmerer, Roland Bauer durchgeführt. Die Auswertung und der Bericht stammen von K. Helfricht

## 6.2. Definitionen

Es wurden 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
ELA	Höhe der Gleichgewichtslinie

Für die spezifische Bilanz gilt:

$$b = b_{w_i} + b_{s_o} \qquad b = B / S$$

$$b_{w_i} = B_{w_i} / S$$

$$b_{s_o} = b - b_{w_i} \qquad b_{s_o} = B_{s_o} / S$$

$$b_c = B_c / S_c \qquad b_a = B_a / S_a$$

Für die Fläche und die Gesamtbilanz gilt:

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

## 6.3. Literatur

Hoinkes, H. 1970: Methoden und Möglichkeiten von Massenhaushaltsstudien auf Gletschern. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 6, 37 - 90.

IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Lambrecht, A. und M. Kuhn, 2007: Glacier changes in the Austrian Alps during the last three decades, derived from the new Austrian glacier inventory, *Annals of Glaciology*, 46, 177-184.

Moser, R. 1997: Dachsteingletscher und deren Spuren im Vorfeld. Musealverein Hallstatt. (Hrsg.). Hallstatt

Paterson, W.S.B., 1994: The Physics of Glaciers, 3. Auflage, by Pergamon Press, Elsevier Science Ltd, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK