

# LANGENFERNER

## MASSENHAUSHALTSSTUDIEN

### Bericht über die Jahresbilanz 2016/17

Stephan P. Galos  
Institut für Atmosphären- und Kryosphärenwissenschaften  
Universität Innsbruck



*Der Langenferner und die umgebenden Gipfel und Gletscher zum Zeitpunkt der maximalen Ausaperung 2017. (Luftbild, L. Nicholson, 29.08.2017).*

---

# LANGENFERNER

## MASSENHAUSHALTSSTUDIEN

---

### Bericht über die Jahresbilanz 2016/17

Projektleitung, Auswertungen und Bericht: Mag. Stephan P. Galos  
Institut für Atmosphären- und Kryosphärenwissenschaften  
Universität Innsbruck  
Innrain 52, 6020 Innsbruck  
E-mail: [stephan.galos@uibk.ac.at](mailto:stephan.galos@uibk.ac.at)  
Tel.: (+43) 0512/507 54425

Übersetzungen ins Italienische: M.Sc. Federico Covi  
Geophysical Institute  
University of Alaska - Fairbanks, USA

Innsbruck, Oktober 2017

## Kurzfassung

Der Langenferner (Vedretta Lunga, WGMS-ID: 661) liegt am Talschluss des Martelltales (46,47°N|10,61°E) in der Ortler-Cevedale Gruppe, Autonome Provinz Bozen / Südtirol, Italien.

Der Gletscher bedeckt eine Fläche von rund 1,60 km<sup>2</sup> und erstreckt sich von einer Höhe von 3370 m bis auf rund 2711 m an seinem tiefsten Punkt (Jahr 2013). Während der obere Bereich des Gletschers hauptsächlich nach Norden exponiert ist, weist die Zunge des Gletschers nach Osten.

Im Hydrologischen Haushaltsjahr 2016/17 wurden sowohl die Wintermassenbilanz als auch die Jahresbilanz des Gletschers bestimmt. Die Messungen dazu folgten der Direkten Glaziologischen Methode mit fixem Datum.

Zur Messung der Winterbilanz wurden am 5. Mai 2017 vier Schächte zur Bestimmung der Schneedichte angelegt und 81 Schneehöhensondierungen durchgeführt. Die Auswertungen zur Jahresbilanz basieren auf Messungen an 26 Ablationspegeln und einem Schneeschacht zur Bestimmung der Akkumulation am Gletscher. Die entsprechenden Messungen wurden am 26. und 27. September 2017 durchgeführt.

Die topographischen Grundlagen der Massenbilanzanalysen stammen von einem hochaufgelösten digitalen Geländemodell aus einem Laserscan-Flug am 22. September 2013.

Die Analysen zeigen eine deutlich unterdurchschnittliche **Winterbilanz von +731 kg/m<sup>2</sup>** welche das Resultat eines extrem trockenen Hochwinters, gefolgt von einem milden, leicht zu trockenen Frühjahr, ist. Nach dem trockenen Winterhalbjahr setzte bereits in der zweiten Maihälfte Schneeschmelze bis in hohe Regionen ein und nach dem extrem heißen Juni war bereits der größte Teil der geringen Schneereserven am Gletscher abgeschmolzen was sich in einer besonders niedrigen Oberflächenalbedo niederschlug. Dies intensivierte die Eisschmelze im feucht-milden Hochsommer, sodass, trotz eines relativ frühen Endes der Ablationsperiode, die **Jahresbilanz 2017** mit **-2066 kg/m<sup>2</sup>** die mit Abstand negativste seit Beginn der Messungen im Jahre 2003/04 ist. Die Massenverluste waren in allen Bereichen des Gletschers enorm und betrug selbst in den obersten Regionen des Gletschers verbreitet 1000 bis 2000 kg/m<sup>2</sup>.

Die Akkumulationsfläche am Ende des Haushaltsjahres 2016/17 machte weniger als 2% der gesamten Gletscherfläche aus. Die mittlere Höhe der Gleichgewichtslinie lag über den höchsten Regionen des Langenferners.

## Abstract

Langenferner (Vedretta Lunga, WGMS-ID: 661 ) is located at the head of Martell-Valley (46,47°N|10,61°E) in the Ortles-Cevedale Group, Autonomous Province of Bozen/Südtirol, Italy. The glacier covers an area of 1.60 km<sup>2</sup> and extends from 3370 m down to 2711 m (year 2013). While the upper glacier part is exposed to the north, the lower part faces east.

In the hydrological year 2016/17 both the winter and the annual mass balance of Langenferner were determined applying the fixed-date direct glaciological method. Measurements for the winter mass balance were carried out on May 5<sup>th</sup>, 2017 performing 81 snow probings and four density pits which were well distributed over the glacier surface. The analysis of the annual mass balance is based on measurements at 26 ablation stakes and one snow pit carried out on September 26<sup>th</sup> and 27<sup>th</sup>, 2017.

Topographic data for the mass balance analyses originate from a high resolution digital terrain model resulting from an airborne laser-scanning campaign on September 22<sup>nd</sup>, 2013.

Results show a **winter balance of +731 kg/m<sup>2</sup>** which is significantly lower than average. The low value is the consequence of an exceptionally dry winter middle (December and January) followed by a rather dry and mild spring. After the dry hydrological winter period significant snow melt up to the highest regions of the glacier started in the second half of May. At the end of the extremely hot month of June almost the whole winter snow had already melted leading to a very low surface albedo on the glacier. As a consequence ice ablation was even intensified during the wet and mild months of July and August. Despite of an early end of the ablation period this resulted in an **annual mass balance of -2066 kg/m<sup>2</sup>** which is the most negative since the beginning of measurements.

Mass loss was exceptionally strong in all regions of the glacier and even in the uppermost glacier parts specific balance values of -1000 to -2000 kg/m<sup>2</sup> were reached. The accumulation area at the end of the hydrological year 2016/17 amounted to a fraction of less than 2% of the total glacier area and the equilibrium line altitude was above the highest point of Langenferner.

## Sommario

Il ghiacciaio della Vedretta Lunga (Langenferner, WGMS-ID: 661) è situato alla fine della Val Martello (46,47°N|10,61°E) nel gruppo dell'Ortles-Cevedale, nella Provincia Autonoma di Bolzano, Italia. Il ghiacciaio copre un'area di circa 1.6 km<sup>2</sup> con un'altitudine che si estende da 3370 m ai 2711 m (anno 2013). La parte superiore del ghiacciaio è esposta a nord mentre la parte inferiore ad est.

Durante l'anno idrologico 2016/17 il bilancio di massa della Vedretta Lunga (annuale ed invernale) è stato determinato applicando il metodo glaciologico diretto a date fisse. I rilievi invernali hanno avuto luogo il 5 maggio 2017, i dati raccolti sono frutto di 81 sondaggi del manto nevoso e quattro profili di densità della neve ben distribuiti su tutta la superficie del ghiacciaio. L'analisi del bilancio di massa annuale è basata sulla lettura di 26 paline ablatometriche e un profilo di densità del manto nevoso, effettuati durante i giorni 26 e 27 settembre 2017.

I dati topografici per l'elaborazione e il calcolo del bilancio di massa sono stati ricavati da un modello digitale del terreno ad alta risoluzione ottenuto grazie ad una scansione laser aerea avvenuta il 22 settembre 2013.

I risultati mostrano un **bilancio invernale di +731 kg/m<sup>2</sup>**, inferiore rispetto alla media, conseguenza di un inizio inverno particolarmente secco (dicembre e gennaio), seguito da una primavera secca e mite. La fusione delle neve invernale è iniziata nella seconda metà di maggio, estendendosi rapidamente alle zone in quota del ghiacciaio. Alla fine del mese di giugno, la quasi totale fusione della neve invernale ha causato una drastica riduzione dell'albedo della superficie del ghiacciaio. Di conseguenza la fusione del ghiacciaio è stata intensificata durante i mesi di luglio e agosto, caratterizzati da un periodo umido e mite. Nonostante il periodo di fusione sia terminato prima della media, la Vedretta Lunga ha registrato un **bilancio di massa annuale di -2066 kg/m<sup>2</sup>**, che risulta essere il bilancio di massa più negativo dall'inizio del monitoraggio.

L'ablazione è stata particolarmente accentuata in tutte le aree del ghiacciaio, anche nelle zone più elevate il bilancio di massa specifico ha raggiunto valori tra -1000 e -2000 kg/m<sup>2</sup>. L'area di accumulazione alla fine del periodo di studio ammontava al 2 % della superficie totale del ghiacciaio e l'altitudine media di equilibrio (ELA) si trovava ad una quota maggiore delle aree più elevate della Vedretta Lunga.

---

# LANGENFERNER

## MASSENHAUSHALTSSTUDIEN

---

### Abschlussbericht über das Haushaltsjahr 2016/17

#### Inhaltsverzeichnis:

Kurzfassung.....	iii
Abstract.....	iv
Sommario.....	v
1 Das Untersuchungsgebiet.....	1
1.1 Der Langenferner.....	1
1.2 Klima.....	1
2 Methoden und Daten.....	3
2.1 Methodik der Massenbilanzbestimmung am Langenferner.....	3
2.2 Das glaziologische Messnetz am Langenferner.....	4
2.3 Auswertung der direkten Messungen.....	6
2.4 Topographische Grundlagen.....	6
3 Analysen und Ergebnisse.....	7
3.1 Der Witterungsverlauf im Haushaltsjahr 2016/17.....	7
3.2 Die Winterbilanz 2016/17.....	8
3.3 Die Jahresbilanz 2016/17.....	13

4 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	18
5 Dokumentation der Feldarbeiten 2016/17.....	23
5.1 Messungen zur Winterbilanz am 05.05.2017.....	24
5.2 Erste Sommerbegehung am 03.07.2017.....	31
5.3 Zweite Sommerbegehung vom 04. Bis zum 06.08.2017.....	34
5.4 Dritte Sommerbegehung am 13.09.2017.....	37
5.5 Vierte Sommerbegehung (Abschlussbegehung) vom 25. bis zum 27.09.2017.....	41
6 Tabellen und Messwerte.....	47
6.1 Die Schächte zur Winterbilanz 2016/17.....	47
6.2 Sondierungen zur Winterbilanz 2016/17.....	49
6.3 Protokolle der Pegelablesungen im Haushaltsjahr 2016/17.....	51
6.4 Der Schneeschacht vom 27.09.2017.....	54
7 Literatur.....	55

# 1 Das Untersuchungsgebiet

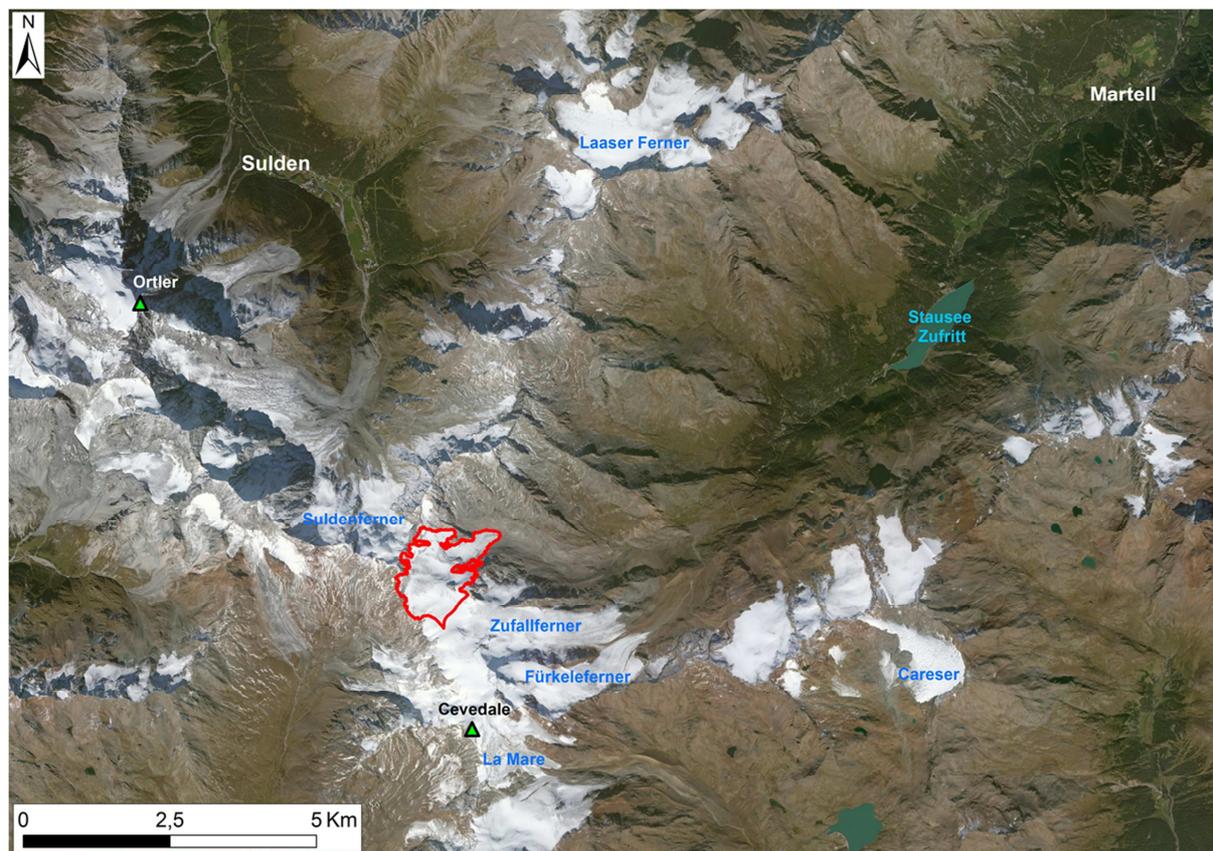
## 1.1 Der Langenferner

Der Langenferner ist ein kleiner Talgletscher, gelegen im Talschluss des Martelltals in der Südtiroler Ortlergruppe (46,46°N|10,61°O). Der Gletscher ist Teil der großen zusammenhängenden Gletscherfläche am Cevedale-Massiv, welche neben dem Langenferner noch Fürkele- und Zufallferner, Vedretta de la Mare und Vedretta di Cedec umfasst. Der höchste Punkt des Langenfernens ist über die Eisscheide zwischen Zufallferner und Vedretta di Cedec definiert. Also der höchste Punkt von welchem das Eis in das Talbecken zwischen Suldenspitze und Drei Kanonen abfließt. In der Realität ist dieser Punkt schwierig zu bestimmen, da die exakte räumliche Verteilung des Eisflusses kaum messbar ist. Außerdem ist diese auch zeitlichen Änderungen unterworfen. Als Annäherung für die Richtung des Eisflusses und damit für die Bestimmung der Gletschergrenzen in den obersten Regionen am Langenferner dient die Neigung/Exposition der Eisoberfläche, welche früher aus Stereo-Orthophotos und in jüngerer Zeit (seit 2005) aus hochaufgelösten Laserscan-Geländemodellen abgeleitet wird. Aktuell erstreckt sich der Langenferner über einen Höhenbereich von ca. 660 m. Bei einer Medianhöhe von 3143 m befindet sich sein höchster Punkt auf einer Höhe von 3370 m, der niedrigste auf 2711 m (2013). Die vergletscherte Fläche beträgt nach Auswertungen einer luftgestützten Laserscanvermessung vom 22. September 2013 etwa 1,6 km<sup>2</sup>. Im Zuge einer Vermessung mit Bodenradar durch das Institut für Atmosphären und Kryosphärenwissenschaften der Universität Innsbruck (ACINN) im Mai 2010 konnte das Volumen des Gletschers auf etwa 0,08 km<sup>3</sup> geschätzt werden, wobei die mit etwa 130 Metern dickste Stelle des Gletschers im östlichen Teil des Beckens zwischen der Casatihütte und den Drei Kanonen lokalisiert wurde. Im Zeitraum seit der Radarvermessung (2010 bis inkl. 2016) hat der Gletscher allerdings etwa 13% Prozent des damaligen Volumens verloren.

Seit dem Jahre 2004 sind die Massenänderungen am Langenferner Inhalt intensiver glaziologischer Untersuchungen welche vom ACINN (bis 2011 vom Institut für Geographie, 2012 – 2014 Institut für Meteorologie und Geophysik) im Auftrag von - und in Zusammenarbeit mit - dem Hydrographischen Amt der Autonomen Provinz Bozen durchgeführt werden.

## 1.2 Klima

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Südtiroler Vinschgau. Dieser zählt zu den trockensten Gebieten des gesamten Alpenraumes. Die inneralpine Lage und die damit verbundene Abschattung vor orographischen Stauniederschlägen durch hohe Gebirgsgruppen in der Umgebung (Bernina, Sesvenna, Ötztaler Alpen, Ortlergruppe, etc.) bedingen in den Talorten jährliche Niederschlagsraten



**Abb.1:** Übersichtskarte zur Lage des Untersuchungsgebietes. Rot umrandet der Langenferner. (Eigene Bearbeitung des Orthophoto 2012, Bing Imagery).

von rund  $500 \text{ l/m}^2$  oder gar weniger. Am Stausee Zufritt im Martelltal, auf einer Höhe von 1851 m.a.s.l., betragen die mittleren jährlichen Niederschlagssummen etwa  $800 \text{ l/m}^2$ . Rund ein Drittel des Niederschlages fällt während der Sommermonate durch das häufigere Auftreten von konvektiven Ereignissen, während die größten Einzelereignisse oft in den Herbstmonaten verzeichnet werden. Letztere stehen meist im Zusammenhang mit südwestlicher Anströmung durch Mittelmeertiefs. Temperatur und Sonnenstrahlung sind verglichen mit Gebieten selber Höhenlage am Alpenrand dementsprechend relativ hoch. Die genannten klimatischen Merkmale führen dazu, dass die Gletscher der Region erst in relativ großen Höhen anzutreffen sind.

Die Auswertung von meteorologischen Daten der vom Lawinenwarndienst Südtirol betriebenen Wetterstationen Suldens-Madritsch (2825 m) und Suldens-Schöntaufspitze (3325 m) führt für die Dekade 2004 bis 2013 zu einer Jahresmitteltemperatur von etwa  $-3,5 \text{ }^\circ\text{C}$  auf einer Höhe von 3000 m. Der wärmste Monat ist auf dieser Höhe mit einer durchschnittlichen Temperatur von etwa  $+4,7 \text{ }^\circ\text{C}$  (ebenfalls bezogen auf die Periode 2004 bis 2013) der Juli, der kälteste Monat ist der Februar mit einer Durchschnitts-temperatur von etwa  $-11,8 \text{ }^\circ\text{C}$ . Der mittlere Temperaturgradient zwischen den beiden genannten Stationen beträgt rund  $-0,76 \text{ }^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ .

## 2 Methoden und Daten

### 2.1 Die Methodik der Massenbilanzbestimmung am Langenferner

Die Bestimmung des Massenhaushaltes am Langenferner erfolgt unter Anwendung der direkten glaziologischen Methode (z.B. *Hoinkes, 1970; Cogley et al., 2011*). Die Ablation (Massenverlust) des Gletschers wird mit Hilfe von ins Eis eingebohrten Pegelstangen gemessen. Die Messung der Akkumulation (Massengewinn) erfolgt einerseits über Schneeschächte in denen die Dichte des angesammelten Schnees bestimmt wird, andererseits über Sondierungen der Schneehöhe welche Aufschluss über die flächenhafte Verteilung der Akkumulation geben. Die Messungen am Langenferner umfassen sowohl die Winterbilanz (1. Oktober bis 30. April des Folgejahres) als auch die Massenbilanz über das gesamte hydrologische Haushaltsjahr vom 1. Oktober bis zum 30. September des Folgejahres. Zusätzlich wird die Sommerbilanz als Differenz zwischen Winterbilanz und Jahresbilanz berechnet.

Die Messungen zur Jahresbilanz am Langenferner folgen der „Fixed-Date“- Methode. Dies bedeutet, dass die Messungen möglichst am Ende des hydrologischen Haushaltsjahres erfolgen beziehungsweise - sollte dies nicht möglich sein - eine entsprechende Korrektur der Messdaten vollzogen wird, sodass eine Bestimmung der Massenbilanz über den Zeitraum des hydrologischen Jahres erfolgen kann (*Galos et al., 2017*). Zur laufenden Kontrolle des Messnetzes und zur höheren zeitlichen Auflösung der beobachteten Änderungen am Gletscher erfolgen während der Ablationsperiode zusätzliche Begehungen.

Die Winterbilanz am Langenferner wurde bis inklusive 2014/15 nach der „Floating Date“-Methode erstellt. Dies bedeutet, dass die Massenänderungen zwischen Beginn des Haushaltsjahres am 1. Oktober des Vorjahres bis zum Datum der jeweiligen Messungen im Mai analysiert werden. In allen vierzehn Analysejahren seit Beginn der Messungen im Hydrologischen Haushaltsjahr 2003/04, erfolgten die entsprechenden Messungen jeweils zwischen dem 2. und dem 18. Mai. Eisablationsprozesse in den untersten Gletscherregionen zu Beginn des Haushaltsjahres wurden ursprünglich nicht in den Winterbilanzen berücksichtigt. Eine entsprechende Re-Analyse der Ergebnisse früherer Haushaltsjahre wurde durch *Galos et al., (2017)* vorgenommen. Die vorliegende Winterbilanz 2016/17 wurde nach der Fixed-Date Methode erstellt.

Das Datum der Messungen für die Erstellung der Winterbilanz entspricht meist nicht dem Zeitpunkt des Akkumulationsmaximums bzw. dem Ende des natürlichen Massenhaushaltshalbjahres. Auf eine diesbezügliche Korrektur der Ergebnisse wird verzichtet, zumal die jeweiligen Massenminima und Maxima in den verschiedenen Regionen des Gletschers zu unterschiedlichen Zeitpunkten erreicht werden und die Feststellung der Extrema bezogen auf die Gesamtfläche des Gletschers meist

unmöglich ist. In der Diskussion der Ergebnisse erfolgt aber eine grobe Quantifizierung der Differenz bezogen auf die Massenbilanz zwischen hydrologischem und natürlichem Haushalts(halb-)jahr.

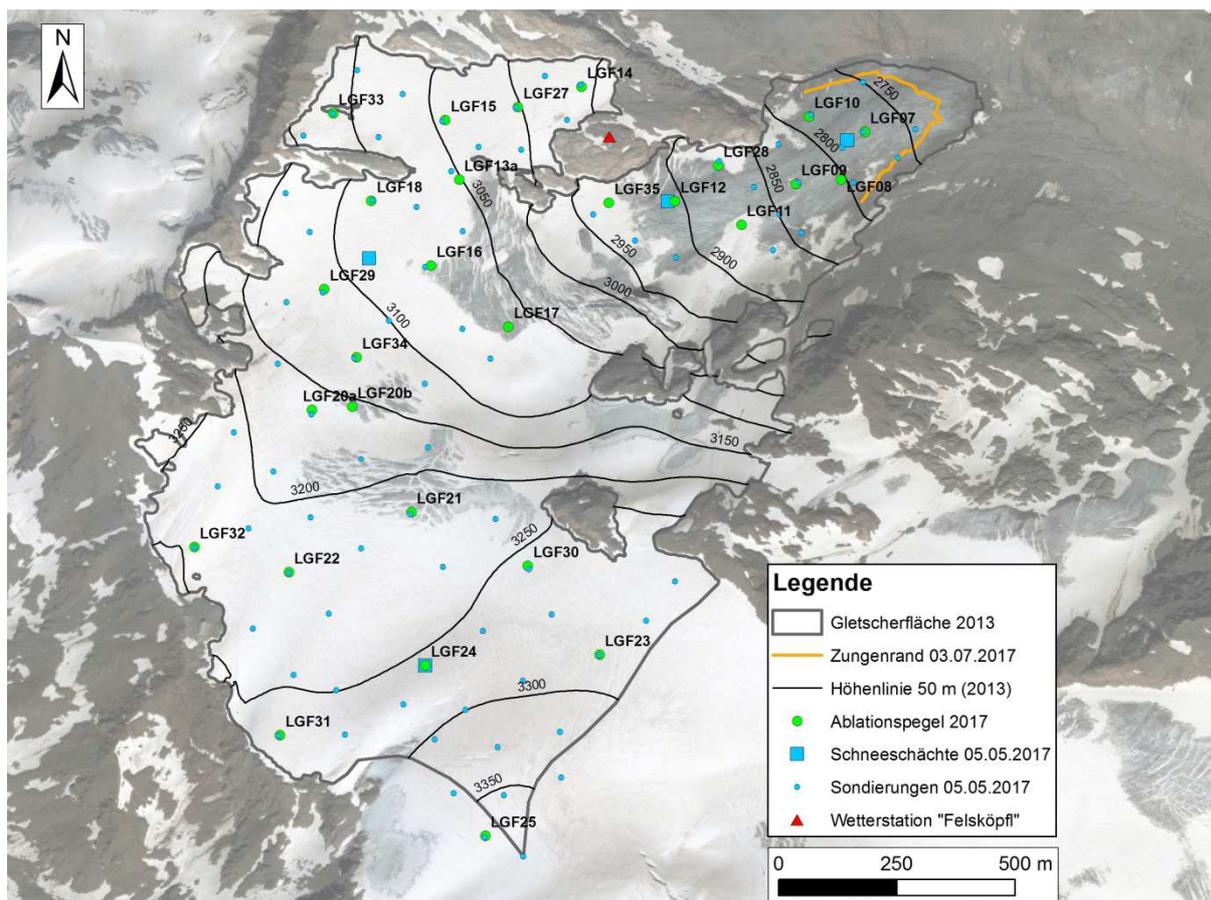
## 2.2 Das glaziologische Messnetz am Langenferner

### 2.2.1 Akkumulationsmessungen

Im Rahmen der Winterbilanz werden am Langenferner traditionell vier Schneeschächte an mehr oder weniger fixen Positionen, verteilt über den Gletscher, angelegt. Die entsprechende Begehung erfolgte heuer am 5. Mai. Dank der Unterstützung durch einen Hubschrauberflug, konnten die Arbeiten wie üblich an einem Tag abgeschlossen werden (siehe Begehungsprotokoll in Kapitel 5.1). Die Positionen der Schächte 1 bis 3 blieben im Vergleich zum Vorjahr unverändert, lediglich Schacht 4 wurde wegen dem starken Rückzug des Gletschers etwa 180 m nach Westen (gletscheraufwärts) verlegt (Abb. 2). Neben den Schneeschächten wurden 81 Sondierungen zur Bestimmung der Schneehöhe und deren Verteilung, wie üblich möglichst gleichmäßig über den Gletscher verteilt, durchgeführt.

Akkumulationsmessungen im Rahmen der Jahresbilanz am Langenferner waren in den meisten Beobachtungsjahren nur in äußerst beschränktem Ausmaß erforderlich. Meist wurden ein oder zwei Schächte von relativ geringer Tiefe an Punkten nahe dem vermuteten Schneetiefen-Maximum der jeweiligen Akkumulationsfläche angelegt. Die Flächen wurden teils mit Hilfe von GPS, teils manuell aus optischen Beobachtungen und Fotos kartiert. Dies reichte aus um einen Überblick über die relativ kleinen jährlichen Akkumulationsmassen zu erhalten. Nur in den Jahren 2012/13 und 2013/14 verlangten die relativ großen Akkumulationsmengen aufwändigere Messungen. In diesen Jahren wurden die Schachtmessungen jeweils durch eine größere Anzahl an Schneehöhensondierungen ergänzt.

Im Haushaltsjahr 2016/17 beschränkten sich die Akkumulationsflächen hauptsächlich auf die Steilmulde zwischen Pegel 17 und 21 und kleine Flecken in eingewehten Mulden des mittleren und oberen Gletscherteils. Aufgrund der geringen Rücklagen wurden heuer keine Sondierungen des Schnees aus dem Winter 2016/17 vorgenommen. Die Kartierung dieser Bereiche erfolgte mit der Hilfe von Luftbildern die zum Zeitpunkt der maximalen Ausaperung aufgenommen wurden. Die Höhe der (Neu-) Schneedecke am Ende des Haushaltsjahres wurde bei den Messungen vom 26. und 27. September 2017 an allen Pegelmesspunkten bestimmt. Die entsprechenden Wasserwerte wurden auf Grundlage eines Dichteschachtes bei Pegel 29 errechnet.



**Abb.2:** Das Messnetz 2017 und die Lage der Wetterstation am Langenferner auf dem Orthophoto 2011 von „Bing Imagery“.

## 2.2.2 Ablationsmessungen

Zu Beginn des Haushaltsjahres 2016/17 umfasste das Pegelnetz am Langenferner 28 Ablationspegel. Die Namensgebung der Pegel erfolgt einerseits über deren Standort (erste Zahl), andererseits über das Jahr in dem der jeweilige Pegel gebohrt wurde (zweite Zahl). Ein eventuell vorhandener Buchstabe nach der ersten Zahl (z.B. 13a/11) weist darauf hin, dass der Pegel aus diversen Gründen nicht an der ursprünglichen Stelle installiert wurde.

Bei der Begehung am 3. Juli 2017 wurden die Pegel 8, 9 und 35 an der Gletscherzunge nachgebohrt. Bei der Begehung am 5. und 6. August wurden die Pegel 8 (war am 3. Juli nur provisorisch nachgebohrt worden), 10, 11, 12, 17, 28 und 32 neu gebohrt. Bei der Abschlussbegehung im Rahmen eines studentischen Praktikums der Universität Innsbruck wurden noch die Pegel 7, 14, 21a(09), 21b(15) und 29 nachgebohrt. Pegel 23 konnte als einziger über das gesamte Haushaltsjahr nicht aufgefunden werden. Pegel 6 fiel Ende Juli 2017 dem Gletscherrückgang zum Opfer und wurde aufgelassen. Bei der Abschlussbegehung für das Haushaltsjahr 2016/17 am 26. und 27. September wurden alle Pegel aufgesucht, jedoch konnten aufgrund der bereits mächtigen Herbstschneedecke

die Pegel 7, 12, 13, 15 und 23 nicht aufgefunden werden. Im Falle von Pegel 7 konnte auf den Messwert vom 13. September (vermutlich keine nennenswerte Eisablation nach diesem Datum) zurückgegriffen werden. Das aktuelle Pegelnetz und dessen flächenhafte Verteilung über den Gletscher sind in Abbildung 2 dargestellt.

Von den 26 vorhandenen Pegelmesswerten beruhen sieben teilweise auf Rekonstruktionen. An den Pegeln 12, 13a, 15 betrifft dies einzelne Perioden im Sommerhalbjahr in denen die Schmelze aufgrund ausgeschmolzener oder eingeschneiter Pegel nicht exakt bestimmt werden konnte. In diesen Fällen wurde die jeweilige Sub-Periode aus den Schmelzraten benachbarter Pegel und unter Berücksichtigung der Eigenheiten des jeweiligen Pegels rekonstruiert. Dies gilt auch für Pegel 7 der in der Periode zwischen 03. Juli und 05. August einen unrealistischen Ablationswert aufweist. Die Pegel 30, 31 und 33 konnten am Ende des Haushaltsjahres 2016 nicht aufgefunden werden. Die Bilanzwerte an diesen Pegeln beruhen auf den Messungen am Ende des Haushaltsjahres 2017, sowie den letzten Ablesungen und den Bilanzwerten der vorangegangenen Haushaltsjahre seit der jeweils letzten Ablesung. Für die Punkte 23 (nicht gefunden) und 24 (keine Rücklagen) liegen 2017 leider keine Messungen vor. Die jeweiligen Bilanzwerte wurden grob geschätzt.

### 2.3 Auswertung der direkten Messungen

Zur flächenhaften Auswertung wurden die bearbeiteten und korrigierten Punktmesswerte zur Massenbilanz in das Geographische Informationssystem ESRI ArcGis 10.2 übernommen und in die digitale Karte des Gletschers übertragen. In weiterer Folge wurden händisch Linien gleicher Massenbilanz mit  $250 \text{ kg/m}^2$  Äquidistanz generiert. Diese Linien und die Punktwerte wurden digitalisiert und mit der Funktion „*Topo to Raster*“ auf die Gletscherfläche extrapoliert. Durch Integration der so entstandenen Rasterzellen über die Gletscherfläche (bzw. die Höhenstufen) ergibt sich die Massenbilanz  $B$ . Teilt man diese in weiterer Folge durch die Fläche des Gletschers (der Höhenstufe) erhält man die mittlere (höhenstufen-) spezifische Bilanz  $b$  (siehe Tab. 2 und 3).

### 2.4 Topographische Grundlagen

Die topographische Datengrundlage für die Erstellung der Massenbilanz am Langenferner 2016/17 bildet ein hochaufgelöstes Geländemodell ( $1 \times 1 \text{ m}$ ) resultierend aus einer flugzeuggestützten Laserscan (ALS) Kampagne, durchgeführt am 22. September 2013. Die Abgrenzung der Gletscherfläche wurde händisch durchgeführt und beruht ebenfalls auf den oben genannten Daten, sowie auf einem Orthophoto aus dem Jahre 2012 und auf direkten Beobachtungen. Die Gletscherfläche in den diesjährigen Analysen unterscheidet sich minimal von jener die in den Jahren 2013/14 und 2014/15 verwendet wurde und entspricht den Re-Analysedaten in *Galos et al. (2017)*.

## 3 Analysen und Ergebnisse

### 3.1 Der Witterungsverlauf im hydrologischen Haushaltsjahr 2016/17

Bei der Abschlussbegehung zum Haushaltsjahr 2015/16 am 4. Oktober 2016 war der Langenferner bis an seine Züge mit Schnee bedeckt. Die Schneehöhen erreichten in den oberen Regionen des Gletschers oft 30 cm, selten 40 cm. In den mittleren Bereichen schwankte die Schneehöhe meist zwischen 20 und 30 cm. An der Zunge zwischen 13 cm an Pegel 12 und nur wenigen cm oder gar keinem Schnee an den untersten Pegeln. Durch die bald kühle Witterung und aufgrund von leichten Schneefällen zwischen dem 8. und 10. Oktober, sowie zu Monatsmitte und vor allem im letzten Monatsdrittel wurde das natürliche Haushaltsjahr am Langenferner beendet. Trotzdem war der zu kühle Monat auch etwas zu trocken. Auch im November 2016 lagen die Niederschläge deutlich unter dem klimatischen Mittel. Nennenswerten Neuschnee gab es vor allem zwischen dem 5. und 7. des Monats. Die Temperaturen bewegten sich in den ersten beiden Monatsdritteln um das klimatische Mittel oder leicht darunter, während das Monatsende deutlich zu warm war. Im etwas zu warmen Dezember fiel an vielen Stationen Südtirols kein messbarer Niederschlag und auch im kalten Jänner 2017 wurden nur wenige Millimeter Niederschlag registriert. Neuschnee gab es dann erst wieder Anfang Februar und am Ende dieses sehr milden, aber nur leicht zu trockenen Monats. Auch im März und April lagen die Temperaturen meist deutlich über dem klimatologischen Normalbereich. Beide Monate waren in der Region abermals relativ trocken. Nennenswerte Niederschlagsereignisse gab es vor allem am 28. Februar (wird dem 1. März zugerechnet) und im letzten Drittel des April.

Insgesamt war das hydrologische Winterhalbjahr 2016/17 (ganz besonders im Dezember und Jänner) viel zu trocken und wieder deutlich zu mild. Nennenswerte Saharastaubeinträge sind in der Akkumulationsperiode 2016/17 ausgeblieben und trotz des deutlich zu warmen Frühjahrs gab es Anfang Mai kaum Schmelzschichten oder Eislinen in der Schneedecke. Das geringe Frontaufkommen im Winter und das Ausbleiben von Stürmen spiegelte sich in der homogenen räumlichen Verteilung der Schneedecke und deren geringer Dichte wider.

Das hydrologische Sommerhalbjahr 2017 begann mit einer kühlen Periode Anfang Mai. Ab der Monatsmitte lagen die Temperaturen aber bereits über dem klimatischen Mittel und besonders in der letzten Maiwoche setzte bereits bis in die Gletscherregion starke Schneeschmelze ein. Der Juni war im Untersuchungsgebiet nach jenem des Jahres 2003 der zweitheißeste, was dazu führte, dass gegen Ende des Monats bereits große Flächen des Langenfernens schneefrei waren. Eine Kaltfront am 25. des Monats und die wechselhaften Tage in der Folge brachten deutliche Abkühlung und etwas Neuschnee am Gletscher der sich bei der Begehung am 3. Juli bedeckt von Neuschnee zeigte. Die feucht-warme Witterung ließ die dünne Schneedecke in weiterer Folge jedoch rasch abschmelzen

und brachte durch die folglich niedrige Oberflächenalbedo bis in die schneefreien obersten Gletscherregionen starke Massenverluste für den Langenferner. Dies obwohl die Temperaturen in den Talorten sich vor allem in der zweiten Julihälfte um den klimatischen Durchschnitt, oder gar leicht darunter bewegten. Der August begann sehr heiß, aber nach der ersten Woche pendelten die Temperaturen um das klimatische Mittel und am 11 und am 20. des Monats gab es jeweils einige cm Neuschnee bis an die Zunge des Langenfernens die aber jeweils wieder schnell abschmolzen. Trotz der genannten Schneefälle brachte die letzte Hitzewelle des Sommers Ende August noch einmal große Massenverluste. Pünktlich zum meteorologischen Herbstbeginn endete das natürliche Haushaltsjahr mit den ergiebigen Schneefällen am ersten September und den darauf folgenden Tagen. Bei der Begehung am 13. September war der Langenferner bereits bis zur Zunge mit Schnee bedeckt und die Schneehöhen erreichten auf der oberen Zunge etwa 20 cm, in den oberen Gletscherteilen gar 30 bis 40 cm. Bei den Messungen zur Erstellung der Jahresbilanz am 26. und 27. September erreichten die Schneehöhen an der untersten Zunge 5 bis 15, im Mittelteil 30 bis 55 und im oberen Bereich bis 70 cm. Die warme Witterung im Oktober 2017 könnte eventuell zu Eisablation an den untersten Pegeln geführt haben. Dies konnte jedoch zum Zeitpunkt der Berichtlegung weder verifiziert noch quantifiziert werden und betrifft in jedem Fall nicht die Massenbilanz des hydrologischen Haushaltsjahres 2016/17.

### **3.2 Die Winterbilanz 2016/17**

Der Zeitpunkt der Messung der Winterbilanz am Langenferner wird in Abhängigkeit von der Wetter- und Lawinensituation festgelegt. Die Begehung erfolgt aber möglichst in den Tagen um den ersten Mai des jeweiligen Jahres um größere Massenänderungen zwischen Ende des hydrologischen Winterhalbjahres (30.04.) und dem jeweiligem Messtag weitestgehend zu vermeiden.

Die „Fixed-Date“ - Winterbilanz entspricht meist nicht der natürlichen Akkumulationsperiode, deren Dauer jeweils vom ersten Ansammeln festen Niederschlages irgendwann im Spätsommer oder Herbst bis zum Erreichen des Akkumulationsmaximums im darauf folgenden Frühjahr reicht. Aufgrund der Tatsache, dass die natürliche Akkumulationsperiode von der jeweiligen Position am Gletscher abhängig ist und somit die Massen-Extrema eines Jahres bezogen auf den gesamten Gletscher kaum feststellbar sind, stellt die Bilanz nach fixem Datum die beste Methode dar um Bilanzen verschiedener Gletscher oder Jahre untereinander zu vergleichen.

Im Jahr 2017 konnten die entsprechenden Messungen am 5. Mai durchgeführt werden. Dabei wurden zur Messung der Schneedichte vier Schächte, gleichmäßig über die Höhenerstreckung des Gletschers verteilt, angelegt. Zur Analyse des Wasseräquivalents der Schneedecke und deren

räumlicher Verteilung, wurden die Werte aus 81 Schneehöhensondierungen mit den entsprechend extrapolierten mittleren Dichtewerten multipliziert. (Siehe Tab. 1 und Tab. 11).

Schacht	X UTM	Y UTM	Höhe [m.a.s.l.]	Tiefe [m]	rho [kg/m <sup>3</sup> ]	c_ba_15/16 [kg/m <sup>2</sup> ]	c_bs_16 [kg/m <sup>2</sup> ]	bw_16/17 [kg/m <sup>2</sup> ]
1	623511	5146678	3263	2,53	300	73*	11	656*
2	623392	5147548	3082	2,55	318	55	14	727
3	624024	5147669	2900	2,34	314	66	12	691
4	624404	5147799	2757	2,43	324	30	18	769

**Tab. 1:** Koordinaten, Seehöhe, Tiefe, mittlere Dichte, Korrektur für Schnee aus dem Haushaltsjahr 2015/16, Korrektur für Schnee seit 01.05.2017 und korrigierter Winterbilanzwert für das fixe Datum der Schächte am Langenferner vom 05.05.2017. \*Die Messung an Schacht 1 wurde außerdem für Firn aus dem Jahr 2016 korrigiert, welcher beim untersten Dichteabstich an diesem Schacht mitgemessen wurde (siehe Tab. 7).

Abweichungen der Messwerte gegenüber der Schneelage vom 30.04. wurden auf Basis der Schneedeckenstratigraphie an den Schächten und an weiteren Messpunkten am Gletscher, sowie der Analyse von Niederschlagsdaten der Station „Felsköpfl“ vorgenommen. Der Größenordnung der entsprechenden Korrektur beträgt im Flächenmittel etwa 20 kg/m<sup>2</sup>.

Die mittlere spezifische Winterbilanz am Langenferner im Winterhalbjahr 2016/17 nach fixem Datum (1. Oktober 2016 bis 30. April 2017) beträgt: **b<sub>w</sub> = +731 kg/m<sup>2</sup>**

Die deutlich unterdurchschnittliche Winterbilanz ist ein Resultat des milden und - vor allem im Dezember und Jänner - ungewöhnlich trockenen Winterhalbjahres. Ergiebige Niederschläge blieben auch sonst die Ausnahme und beschränkten sich auf wenige Ereignisse Mitte Oktober, Anfang November, Anfang und Ende Februar/Anfang März, sowie auf das letzte April-Drittel.

### 3.2.1 Korrekturen und Ungenauigkeiten bei der Erstellung der Winterbilanz 2016/17

Die Massenrücklage von 2015/16 wurde bei der Erstellung der Winterbilanz insofern berücksichtigt, als dass die Schneelage vom 30.09.2016 auf dem Gletscher von der Schneedecke am 05.05.2017 abgezogen wurde. Dies geschah bereits bei der Auswertung der Punktmessungen (siehe z.B. Tab. 11), denen jeweils ein bestimmter Wasserwert der Herbstschneedecke 30.09.2016 (c\_ba\_15/16) zugeordnet und dann abgezogen wurde.

Ebenfalls korrigiert wurden die Punktwerte bezüglich der Schneerücklagen die sich in der Periode zwischen dem Ende der hydrologischen Winterperiode am 30.04. und dem Datum der Messungen

am 5. Mai 2017 gebildet hatten. Dies basierte auf stratigraphischen Beobachtungen an den Schächten und an einigen weiteren Messpunkten am Gletscher, sowie auf Niederschlagsmesswerten der Station Felsköpfl.

Ungenauigkeiten ergeben sich unter anderem wie immer durch fehlende Messpunkte vor allem in den steilen Gletscherbereichen nordwestlich unterhalb der Drei Kanonen und in besonders spaltenreichen Gebieten. Die entsprechenden Flächen sind aber relativ klein und können aufgrund der Beobachtungen während der Begehungen zu einem gewissen Grad eingeschätzt werden.

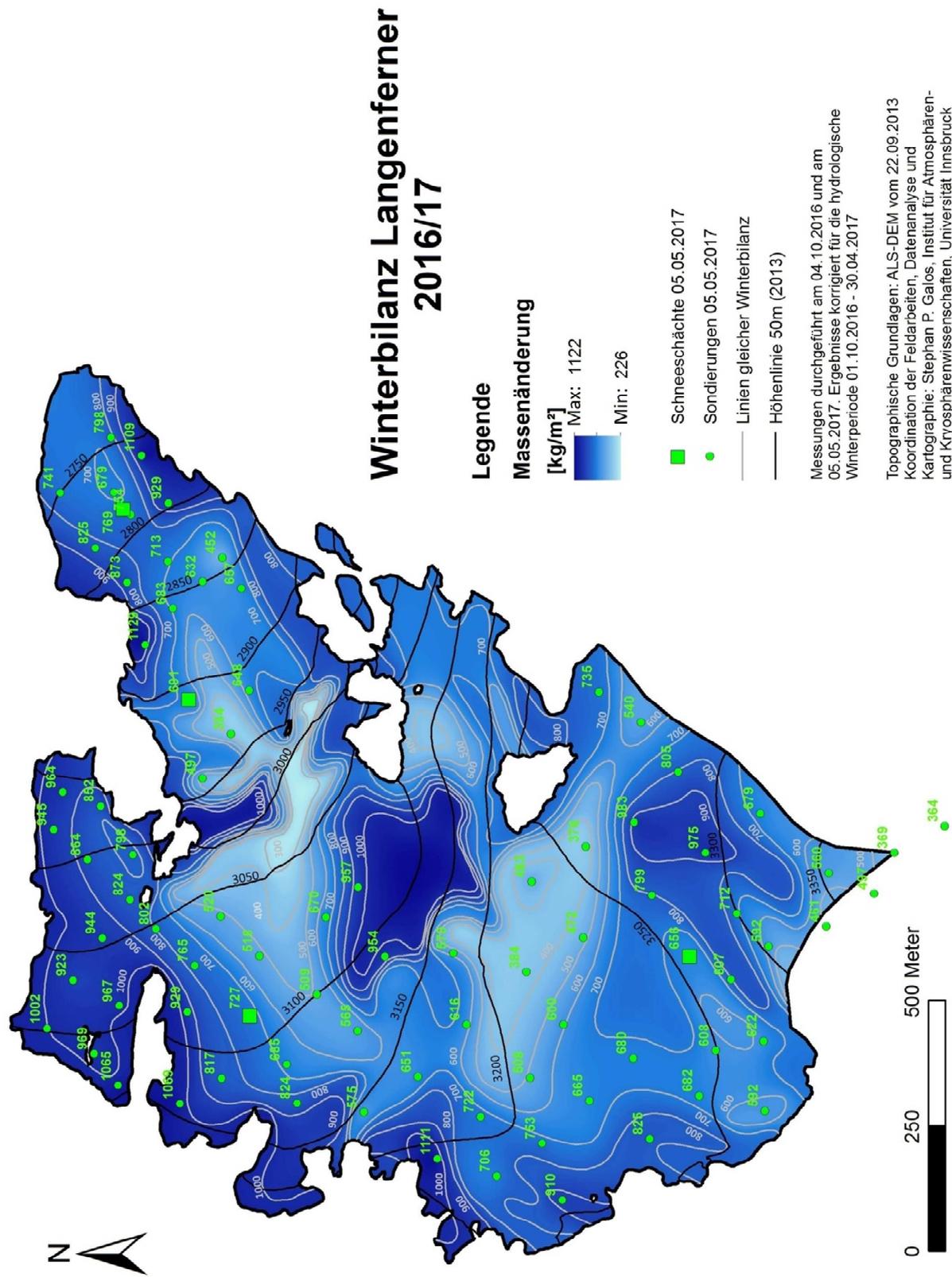
Aufgrund der stark negativen Bilanz des Vorjahres traten beim Sondieren der Schneehöhe kaum Ungereimtheiten auf. Zwei Sondierungen mit unrealistisch hohen Schneewerten im obersten Gletscherbereich wurden bei den Auswertungen nicht explizit berücksichtigt.

Am Ende des Haushaltsjahres 2015/16 war der Gletscher bereits schneebedeckt und durch die kühle Witterung mit leichten Schneefällen zwischen dem 8. und 10. Oktober, sowie zu Monatsmitte und vor allem im letzten Monatsdrittel wurde das natürliche Haushaltsjahr am Langenferner beendet. Die Ablation von Eis nach Ende des hydrologischen Haushaltsjahres dürfte somit auch an den untersten Pegeln kaum eine Rolle gespielt haben.

Die mögliche Bildung von Aufeis auf dem Eishorizont vom Vorjahr kann nicht quantifiziert werden. Auch dieser Effekt dürfte heuer keine Rolle gespielt haben, da die Schneedecke selbst im untersten Schacht noch nicht mit Schmelzwasser gesättigt war.

Insgesamt dürfte sich die Genauigkeit der Winterbilanz 2016/17 mit großer Wahrscheinlichkeit im Bereich von +/- 50 kg/m<sup>2</sup> bewegen (vergl. [Galos et al., 2017](#)).

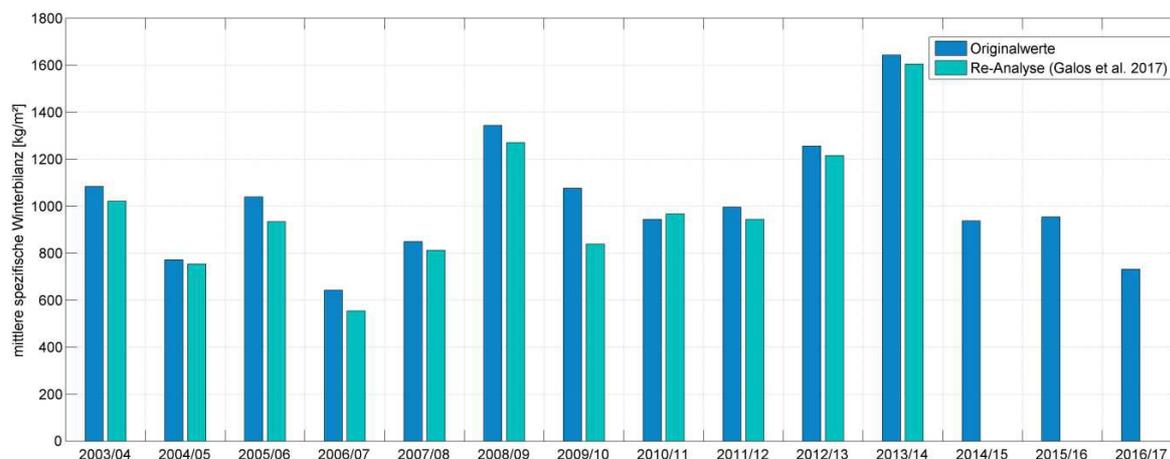
Größte mögliche Fehlerquellen sind dabei die seit 2013 nicht mehr angepassten topographischen Grundlagen der Auswertungen, sowie die falsche Interpretation von Horizonten bei einigen Schneehöhensondierungen im obersten Gletscherteil (Akkumulationsgebiet 2016).



**Abb.3:** Die räumliche Verteilung der Winterbilanz 2016/17 am Langenferner.

### 3.2.2 Allgemeine Anmerkungen zur Winterbilanz 2016/17

Die Verteilung der Schneedecke im Frühjahr 2017 war weniger stark geprägt von Windverfrachtung als in den Vorjahren und daher relativ homogen. Weder waren stark eingewehte, noch komplett abgeblasene Regionen auszumachen. Trotzdem traten altbekannte Muster wie die relativ großen Schneehöhen im Lee des Grates zwischen Casati Hütte und Eisseepass, oder die geringen Schneehöhen in den Regionen um Pegel 21 zu Tage. Besonders auffallend war die ungewöhnlich niedrige Schneedichte von etwa 300 - 325 kg/m<sup>2</sup>. Dies ist zumindest teilweise durch folgende Faktoren erklärbar: Das Ausbleiben von längeren Schmelzperioden, das Ausbleiben heftiger Winterstürme und die allgemein geringe Schneelage.



**Abb.4:** Die gemessenen Winterbilanzen am Langenferner seit 2003/04. In Blau die originalen Werte, in Türkis die Ergebnisse einer Reanalyse der Datenreihe (Galos et al., 2017). Für die Jahre 2014/15, 2015/16 und 2016/17 liegt keine Reanalyse vor, die entsprechenden Änderungen würden aber für diese Jahre sehr gering ausfallen.

Höhenstufe [m.a.s.l.]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	B [m <sup>3</sup> w.e.]	b <sub>w</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]
2700 - 2750	31393	24100	768
2750 - 2800	51157	43155	844
2800 - 2850	43384	32729	754
2850 - 2900	62923	45257	719
2900 - 2950	71049	47639	671
2950 - 3000	71142	56865	799
3000 - 3050	99591	68575	689
3050 - 3100	213098	165014	774
3100 - 3150	177433	144577	815
3150 - 3200	160672	113936	709
3200 - 3250	316783	212087	670
3250 - 3300	235415	170718	725
3300 - 3350	56502	39525	700
3350 - 3400	9139	4853	531
<b>Gesamt</b>	<b>1599681</b>	<b>1169029</b>	<b>731</b>

**Tab.2:** Die Winterbilanz am Langenferner vom 01.10.2016 - 30.04.2017. Fläche, Massenbilanz (B) und spezifische Massenbilanz (b) in ihrer Verteilung nach Höhenstufen.

### 3.3 Die Jahresbilanz 2016/17

Der Berechnung der Jahresbilanz über das hydrologische Haushaltsjahr vom 1. Oktober 2016 bis zum 30. September 2017 liegen Daten aus fünf Feldkampagnen zu Grunde. Neben der Frühjahrsbegehung am 5. Mai 2017 wurden vier Begehungen während des Sommers durchgeführt.

Zur Erstellung der Jahresbilanz 2016/17 standen Bilanzdaten von 26 Messpunkten verteilt über die Gletscherfläche zur Verfügung (siehe Abb. 5). Davon wiesen alle eine deutlich negative spezifische Jahresbilanz auf. Die Eingrenzung der Akkumulationsflächen erfolgte auf Basis von Luftbildern vom 29. August 2017. Als zusätzliche Hilfe bei der räumlichen Extrapolation der Messwerte wurden Fotos von der Feldkampagne am 5. und 6. August verwendet. Die Abschlussbegehung fand im Rahmen der Lehrveranstaltung „Glaziologisches Geländepraktikum“ des Instituts für Atmosphären- und Kryosphärenwissenschaften / Uni Innsbruck am 26. und 27. September 2017 statt und liegt daher, wie am Langenferner üblich, sehr nahe am Ende des hydrologischen Haushaltsjahres (30. September). Die Massenänderungen bis zum 30. September sind vernachlässigbar gering, weshalb keine betreffenden Korrekturen durchgeführt wurden.

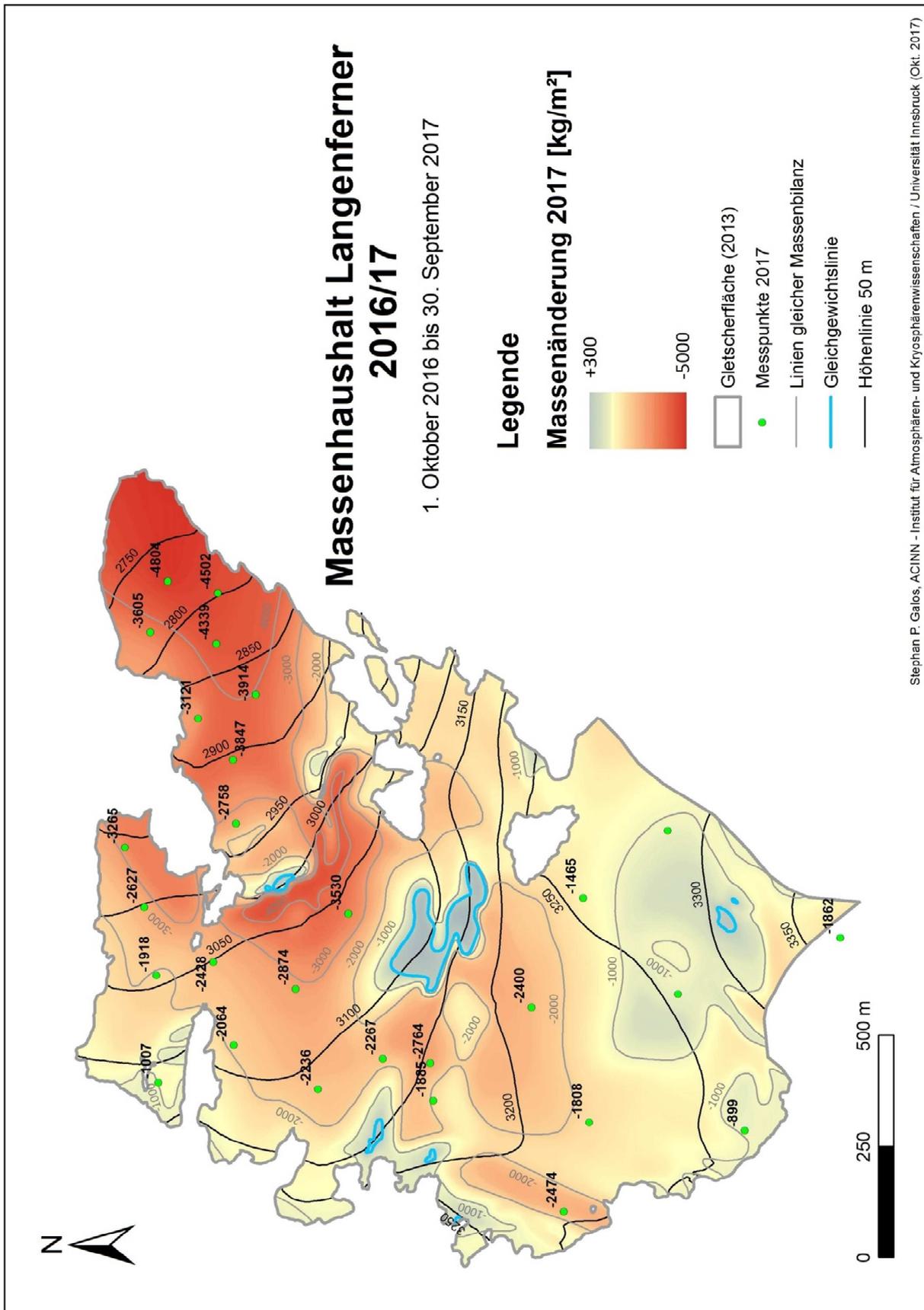
Die mittlere spezifische Massenbilanz am Langenferner im hydrologischen Haushaltsjahr 2016/17 (1. Oktober 2016 bis 30. September 2017) beträgt: **b = -2066 kg/m<sup>2</sup>**.

Die mittlere Höhe der Gleichgewichtslinie lag im Haushaltsjahr 2016/17 wieder über den höchsten Flächen des Langenfernens, das Akkumulationsflächenverhältnis betrug 0,016.

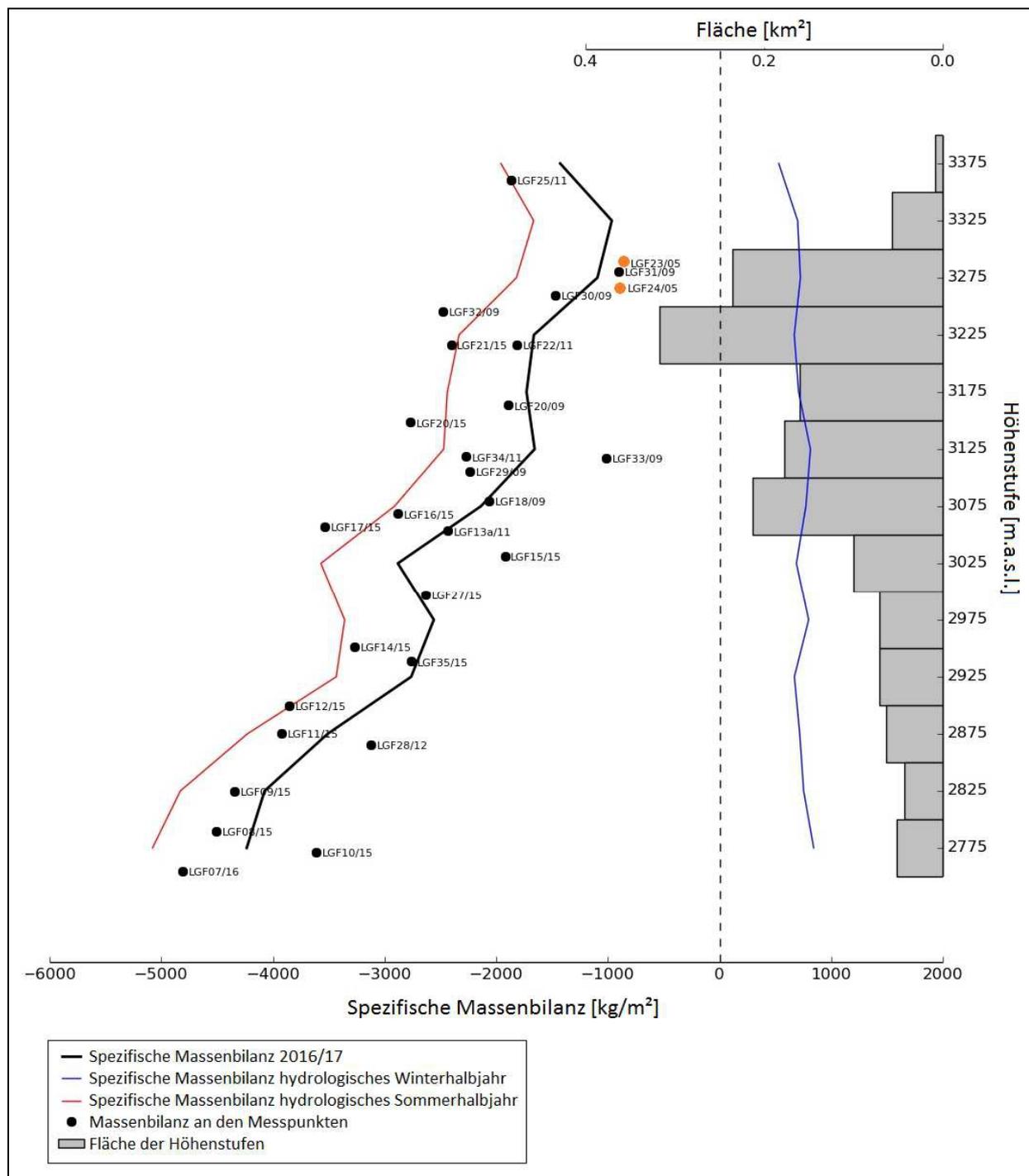
Tabelle 3 zeigt die Verteilung der Bilanz 2016/17 am Langenferner nach Höhenstufen. Die räumliche Verteilung, sowie die Positionen der Messpunkte können aus Abbildung 5 entnommen werden.

Höhenstufe [m a.s.l.]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	B [m <sup>3</sup> w.e.]	b [kg/m <sup>2</sup> ]
2700 - 2750	31393	-147746	-4706
2750 - 2800	51157	-216584	-4234
2800 - 2850	43384	-176757	-4074
2850 - 2900	62923	-220797	-3509
2900 - 2950	71049	-196173	-2761
2950 - 3000	71142	-181976	-2558
3000 - 3050	99591	-286884	-2881
3050 - 3100	213098	-455332	-2137
3100 - 3150	177433	-293619	-1655
3150 - 3200	160672	-277608	-1728
3200 - 3250	316783	-526414	-1662
3250 - 3300	235415	-257345	-1093
3300 - 3350	56502	-54477	-964
3350 - 3400	9139	-13044	-1427
<b>Gesamt</b>	<b>1599681</b>	<b>-3304756</b>	<b>-2066</b>

**Tab.3:** Die Jahresbilanz am Langenferner vom 01.10.2016 - 30.09.2017. Fläche, Massenbilanz (B) und spezifische Massenbilanz (b) in ihrer Verteilung nach Höhenstufen.



**Abb.5:** Die räumliche Verteilung der Jahresbilanz 2016/17 am Langenferner.



**Abb.6:** Das Höhenprofil der saisonalen Massenbilanzen 2016/17 am Langenferner mit den vorliegenden Messpunkten für die Jahresbilanz. Orange die Schätzungen für die Messpunkte 23 und 24 für die heuer keine Bilanzmessungen vorliegen. Die mittlere Höhe der Gleichgewichtslinie (definiert als niedrigster Schnittpunkt des Bilanz-Höhenprofiles mit der  $b=0$  - Achse) befindet sich über den höchsten Regionen des Gletschers.

### 3.3.1 Korrekturen und Ungenauigkeiten bei der Erstellung der Jahresbilanz 2016/17

Die größten Ungenauigkeiten bei der Erstellung der Massenbilanz 2016/17 resultieren wohl aus der seit 2013 nicht mehr angepassten Gletscherfläche. Das Resultat ist ein negativer Bias welcher erfahrungsgemäß wohl ca. 60 – 80 kg/m<sup>2</sup> betragen dürfte (*Galos et al., 2017*).

Eine weitere wesentliche Unsicherheitsquelle ist die Tatsache, dass für die Messpunkte 23 (nicht gefunden) und 24 (Akkumulationsschacht -> keine Akkumulation) keine Messwerte vorliegen und somit größere Gebiete im oberen Gletscherteil nur grob eingeschätzt werden können. Dies ist umso mehr hervorzuheben, als dass das bekannte Ablationsmuster anderer Jahre aufgrund der besonderen Verhältnisse im Haushaltsjahr 2017 nur bedingte Gültigkeit hat.

Akkumulationsmessungen wurden im Haushaltsjahr 2016/17 nur für den Schnee aus dem September 2017 an allen Pegelpositionen durchgeführt. Die Flächen mit Rücklagen aus dem Winter wurden auf Basis von Luftbildern vom 29. August eingegrenzt. Aufgrund der kleinen Flächen (ca. 1,6 % des Gletschers) wurde auf das Anlegen von Firnschächten verzichtet. Aufeis an der Grenzschicht zwischen Firn und Eis und interne Akkumulation in der Firnschicht aus den Vorjahren konnten in den Messungen nicht berücksichtigt werden. Diese spielten aber wegen der stark negativen Bilanz und der mittlerweile wieder sehr kleinen verbleibenden Firnkörper keine signifikante Rolle.

Insgesamt sollten sich die möglichen Fehler bezogen auf die Massenbilanz 2016/17 im Bereich von etwa +/- 180 kg/m<sup>2</sup> bewegen, wobei dieser Abschätzung die Annahme eines zufälligen Fehlers von 100 kg/m<sup>2</sup> und eines negativen Bias von 80 kg/m<sup>2</sup> (fehlendes Flächenupdate) zugrunde liegt.

### 3.3.2 Allgemeine Anmerkungen zur Jahresbilanz 2016/17

Die Massenbilanz des Haushaltsjahres 2016/17 ist mit -2066 kg/m<sup>2</sup> die mit Abstand negativste seit Beginn der Messungen im Haushaltsjahr 2003/04. Dieser Rekord dürfte am Langenferner wohl nur vom Sommer 2003 übertroffen worden sein für den aber leider noch keine Messungen an diesem Gletscher vorliegen.

Die Auswirkungen der starken Massenverluste am Langenferner sind mit freiem Auge deutlich sichtbar. So hat sich die Zunge des Gletschers weiter stark zurückgezogen. Das Loch im Eis der Steilzone welche die Zunge vom mittleren Gletscherteil trennt ist deutlich größer geworden, ebenso die Felsinsel am linken Rand der Steilstufe. Besonders stark waren die sichtbaren Veränderungen auch am Nordrand des Gletschers, wo bei der ursprünglichen Position von Pegel 28 Fels zu Tage trat und Pegel 14 mittlerweile nur noch wenig oberhalb des Gletscherrandes steht. Die Distanz zwischen Gletschereis und dem Grat im Bereich Eisseepass wurde deutlich größer, ebenso die vorhandenen Felsinseln in diesem Bereich.

Eine ganz wesentliche Voraussetzung für die großen Massenverluste war das Zusammentreffen einer deutlich unterdurchschnittlichen Winterbilanz und eines anhaltend heißen Frühsommers der bereits in der zweiten Maihälfte eine erste Hitzewelle brachte und mit dem zweitheißten Juni seit Beginn der meteorologischen Aufzeichnungen zu Buche schlug. Die geringen Schneereserven am Gletscher schmolzen somit schnell ab und so war die Oberflächenalbedo bereits zur Zeit der längsten Tage und des höchsten solaren Einstrahlungsvermögens bis in hohe Regionen des Gletschers sehr niedrig. Die feucht warme Witterung im Juli und August sorgte für ein Ausbleiben der nächtlichen Abstrahlung und damit für Schmelzvorgänge die oft auch in der Nacht nicht unterbrochen wurden. Zwar gab es im Sommer 2017 einige Neuschneefälle (Ende Juni / Anfang Juli, sowie um Mitte August) die Schneemengen waren aber jeweils zu gering um die Massenbilanz nachhaltig zu beeinflussen. Erst die ergiebigen Schneefälle ab Anfang September beendeten die Eisschmelze und führten sogar noch zu einer leichten Abschwächung der nominellen Massenverluste um etwa 130 bis 150 kg/m<sup>2</sup>.

Messpunkt	X utm	Y utm	Alt	a_eis 03.07.	a_eis 05.08.	a_eis 27.09.	c 15/16	S 16/17	rho 16/17	c 16/17	b 16/17
				[m.a.s.l.]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[cm]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]
LGF07/16	624440	5147817	2754	999	3069	4860	0	16	350	56	-4804
LGF08/15	624414	5147705	2789	828	2889	4572	0	20	350	70	-4502
LGF09/15	624300	5147708	2824	828	2862	4374	0	10	350	35	-4339
LGF10/15	624325	5147855	2771	243	2250	3699	0	27	350	95	-3605
LGF11/15	624186	5147620	2875	522	2493	3987	29	30	340	102	-3914
LGF12/15	624038	5147671	2899	369	2394	3924	32	32	340	109	-3847
LGF13a/11	623582	5147715	3053		1386	2556	61	58	325	189	-2428
LGF14/15	623841	5147913	2951		2034	3429	18	55	330	182	-3265
LGF15/15	623553	5147842	3031		1017	2052	54	58	325	189	-1918
LGF16/15	623523	5147531	3068		1926	2979	61	51	325	166	-2874
LGF17/15	623692	5147413	3057		2700	3573	22	20	325	65	-3530
LGF18/09	623396	5147669	3079		945	2169	57	50	325	163	-2064
LGF20/09	623271	5147224	3163		873	1908	78	31	325	101	-1885
LGF20/15	623356	5147231	3148		1800	2808	57	31	325	101	-2764
LGF21/15	623481	5147004	3216		1611	2475	39	35	325	114	-2400
LGF22/11	623222	5146876	3216		1008	1899	45	42	325	137	-1808
LGF23/05	623879	5146700	3288			1000	48	62	325	202	-847
LGF24/05	623511	5146678	3266			1000	67	59	325	192	-875
LGF25/11	623638	5146316	3360		-2097	2043	46	70	325	228	-1862
LGF27/15	623707	5147869	2997		1467	2763	46	55	330	182	-2627
LGF28/12	624132	5147749	2865		1854	3213	6	29	340	99	-3121
LGF29/09	623297	5147481	3105		1260	2358	31	47	325	153	-2236
LGF30/09	623728	5146890	3259			1506	60	31	325	101	-1465
LGF31/09	623203	5146529	3280			1029	45	54	325	176	-899
LGF32/09	623022	5146932	3245		990	2520	19	20	325	65	-2474
LGF33/09	623312	5147838	3117			1105	54	47	325	153	-1007
LGF34/11	623366	5147336	3118		1242	2304	60	30	325	98	-2267
LGF35/15	623895	5147665	2938	0		2898	28	51	330	168	-2758

Bilanzwerte an den Messpunkten für die Fixed Date Periode 1.10.2016 bis 30.09.2017 (Messzeitraum: 04.10.2016 bis 27.09.2017)

Korrekturen für die Massenänderungen zwischen 01.10. und 04.10. 2016 wurden bereits durchgeführt.

Massenänderungen in der Periode zwischen 27. und 30.09.2017 sind aufgrund der kühlen und trockenen Witterung vernachlässigbar.

Das gilt sowohl für die letzten beiden September Tage 2015, als auch für die ersten Oktobertage 2016. (Kühle Witterung und Schneebedeckung).

**a\_eis 03.07.** Eisablation seit 01.10.2016 bis zum 03.07.2017

**a\_eis 05.08.** Eisablation seit 01.10.2016 bis zum 05.08.2017

**a\_eis 27.09.** Eisablation seit 01.10.2016 bis zum 27.09.2017

**c 15/16** Wasserwert der Schneedecke am Ende des letzten Haushaltsjahres (2016/16)

**S 16/17** Höhe des (Neu-)Schnees aus dem Haushaltsjahr 2016/17

**rho 16/17** Dichte der Schneeschicht S 16/17

**c 16/17** Wasserwert der Schneedecke am Ende des Haushaltsjahres 2016/17

**b 16/17** Spezifische Massenbilanz am Messpunkt über die Periode 01.10.2016 bis 30.09.2017.

Ablationswert rekonstruiert

grobe Schätzung (nicht bei WGMS eingereicht)

**Tab.4:** Die Bilanzen an den 26 Messpunkten am Langenferner sowie Schätzungen für die Punkte 23 und 24.

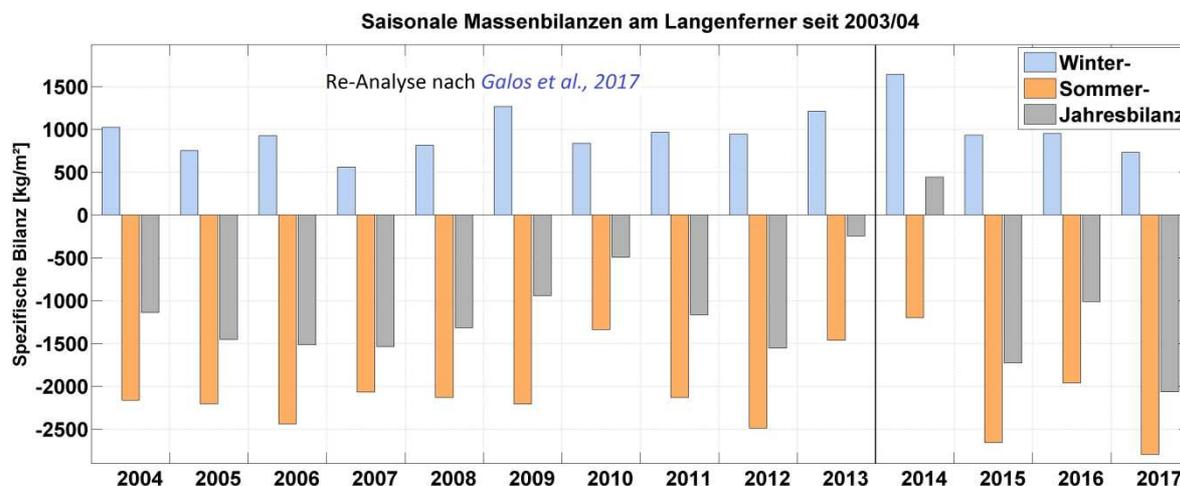
## 4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Für das hydrologische Haushaltsjahr 2016/17 wurden am Langenferner die Winter- und die Jahresbilanz bestimmt. Die Messungen erfolgten nach der Direkten Glaziologischen Methode mit fixem Datum und wurden für die Frühjahrsbilanz am 5. Mai 2017, für die Jahresbilanz am 26. und 27. September 2017 durchgeführt.

Ein außergewöhnlich trockener Winter mit kaum messbaren Niederschlägen im Dezember und Jänner, gefolgt von einem mild-trockenen Frühjahr führte am Langenferner zu einer deutlich unterdurchschnittlichen **Winterbilanz** von **+731 kg/m<sup>2</sup>**. Die geringen Rücklagen aus dem Winter in Kombination mit einem frühen Einsetzen anhaltend starker Schmelzvorgänge ab Ende Mai und vor allem im extrem heißen Juni, sowie einem feucht warmen Hochsommer mit mehreren Hitzeperioden, führten zu einer Jahresbilanz von **-2066 kg/m<sup>2</sup>**. Dies ist die mit Abstand negativste Jahresbilanz am Langenferner seit Beginn der Messungen im Haushaltsjahr 2004. Eine besondere Rolle dürfte dabei die Oberflächenalbedo des Gletschers gespielt haben, welche bereits zur Zeit hoher kurzweiliger Einstrahlung im Juni und Juli, selbst in den oberen Gletscherbereichen sehr niedrig war. Die feucht-warme Witterung im Juli und August sorgte für fehlende nächtliche Auskühlung und einen besonders hohen langwelligen Strahlungseintrag.

Die mittlere Höhe der Gleichgewichtslinie lag im Haushaltsjahr 2017 weit über den höchsten Flächen des Gletschers. Das Akkumulationsflächenverhältnis am Langenferner betrug 0,016.

Abbildung 7 und Tabelle 6 liefern einen Überblick über die Bilanzwerte am Langenferner in den einzelnen Messjahren. In Tabelle 5 sind die wichtigsten glaziologischen Kennzahlen des Langenfernens für das Haushaltsjahr 2016/17 aufgelistet.



**Abb.7:** Die saisonalen Massenbilanzen am Langenferner seit dem Haushaltsjahr 2003/04.

Langenferner Bilanzjahr 2016/17							
	Winter			Sommer		gesamtes Jahr	
	Fläche [m <sup>2</sup> ]	B [m <sup>3</sup> we]	b [kg/m <sup>2</sup> ]	B [m <sup>3</sup> we]	b [kg/m <sup>2</sup> ]	B [m <sup>3</sup> we]	b [kg/m <sup>2</sup> ]
Langenferner	1599681	1169029	731	-4473785	-2797	-3304756	-2066
Ac [m <sup>2</sup> ]	26.060		Bc [m <sup>3</sup> we]	5.033		bc [kg/m <sup>2</sup> ]	193
Aa [m <sup>2</sup> ]	1.573.621		Ba [m <sup>3</sup> we]	-3.309.789		ba [kg/m <sup>2</sup> ]	-2.103
						ELA	none
						Ac:Aa	0,017
						AAR	0,016

Winterbilanz				Sommerbilanz			
Höhenstufe [m.a.s.l.]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	B [m <sup>3</sup> we]	b [kg/m <sup>2</sup> ]	Höhenstufe [m.a.s.l.]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	B [m <sup>3</sup> we]	b [kg/m <sup>2</sup> ]
2725	31393	24100	768	2725	31393	-171846	-5474
2775	51157	43155	844	2775	51157	-259739	-5078
2825	43384	32729	754	2825	43384	-209486	-4828
2875	62923	45257	719	2875	62923	-266054	-4228
2925	71049	47639	671	2925	71049	-243812	-3432
2975	71142	56865	799	2975	71142	-238841	-3357
3025	99591	68575	689	3025	99591	-355459	-3570
3075	213098	165014	774	3075	213098	-620346	-2911
3125	177433	144577	815	3125	177433	-438196	-2470
3175	160672	113936	709	3175	160672	-391544	-2437
3225	316783	212087	670	3225	316783	-738501	-2332
3275	235415	170718	725	3275	235415	-428063	-1818
3325	56502	39525	700	3325	56502	-94002	-1664
3375	9139	4853	531	3375	9139	-17897	-1958
Summe	1599681	1169029	731	Summe	1599681	-4473785	-2797

Jahresbilanz			
Höhenstufe [m.a.s.l.]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	B [m <sup>3</sup> we]	b [kg/m <sup>2</sup> ]
2725	31393	-147746	-4706
2775	51157	-216584	-4234
2825	43384	-176757	-4074
2875	62923	-220797	-3509
2925	71049	-196173	-2761
2975	71142	-181976	-2558
3025	99591	-286884	-2881
3075	213098	-455332	-2137
3125	177433	-293619	-1655
3175	160672	-277608	-1728
3225	316783	-526414	-1662
3275	235415	-257345	-1093
3325	56502	-54477	-964
3375	9139	-13044	-1427
Summe	1599681	-3304756	-2066

**Tab.5:** Die wichtigsten glaziologischen Kennzahlen und die Verteilung der saisonalen Bilanzen 2016/17 am Langenferner nach Höhenstufen.

Jahr	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17
Winter	1083	772	1039	642	849	1343	1076	944	995	1255	1642	932	951	731
Sommer	-2607	-2014	-2495	-2259	-2486	-2341	-1735	-2022	-2527	-1476	-1201	-2659	-1960	-2797
Netto	-1524	-1233	-1456	-1616	-1637	-998	-659	-1078	-1532	-221	441	-1727	-1010	-2066
Reanalyse (Galos et al., 2017)														
Winter	1022	750	925	558	814	1267	837	965	942	1213	1642			
Sommer	-2161	-2206	-2439	-2096	-2132	-2209	-1336	-2131	-2488	-1462	-1201			
Netto	-1140	-1456	-1514	-1539	-1318	-942	-493	-1166	-1556	-246	441			

**Tab.6:** Die Werte für die saisonalen, sowie für die Jahresmassenbilanzen am Langenferner in den vierzehn Jahren seit Beginn der Messungen im Haushaltsjahr 2003/04. Oben die originalen werte, unten die Ergebnisse der Reanalyse nach Galos et al. (2017).



**Abb.8:** Blick von der Marteller Hütte auf den Langenferner. Mitte Juli 2017 sind bereits weite Teile des mittleren und oberen Gletscherbereichs frei von Winterschnee (C. Gufler, 17.07.2017).



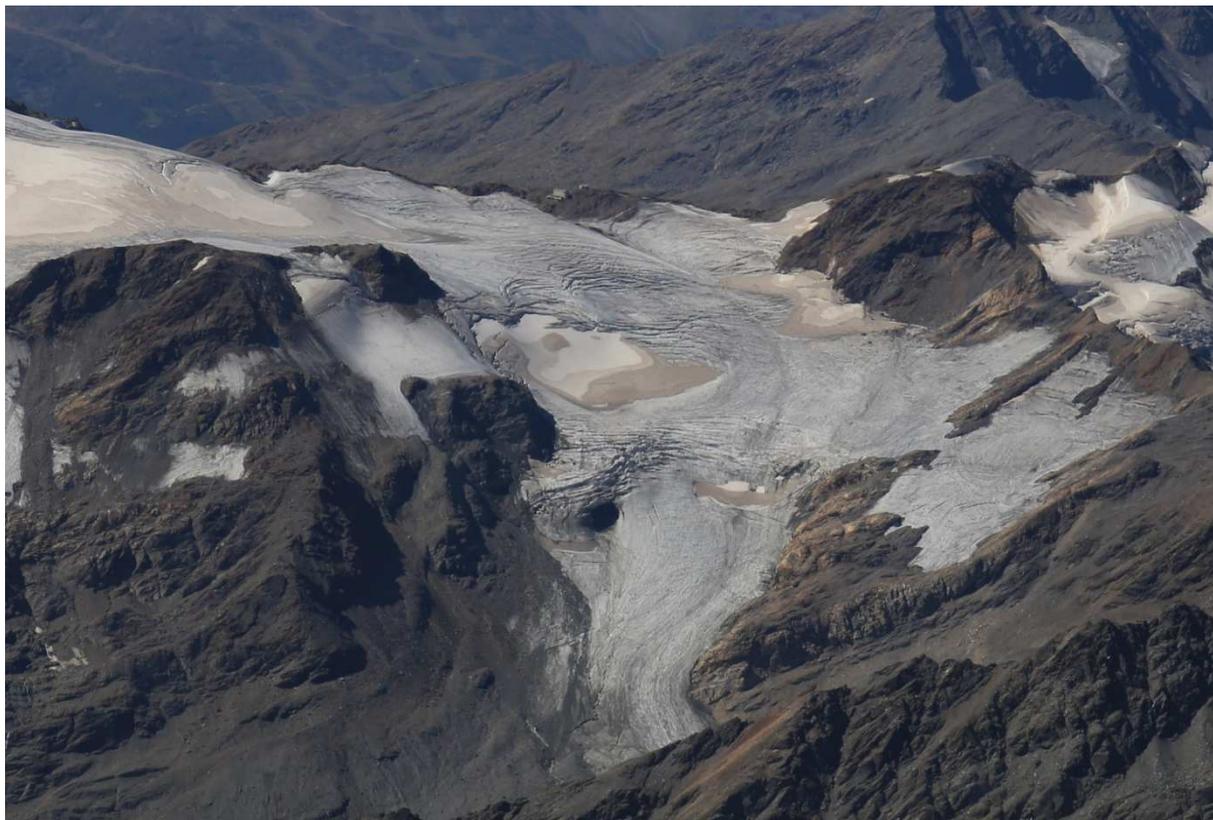
**Abb.9:** Selbst die höchsten vergletscherten Flächen an den Zufallspitzen sind Mitte Juli 2017 bereits zu einem großen Teil frei von Winterschnee (C. Gufler, 17.07.2017).



**Abb.10:** Trotz einiger Neuschneefälle (Ende Juni/Anfang Juli und ab Mitte August) waren die Schneemengen im heißen Sommer 2017 jeweils zu gering um die Schmelze nachhaltig zu bremsen. Blick von der Suldenspitze auf Zufallspitzen, Cevedale und den oberen Teil des Langenferners. (C. Espe, 21.08.2017).



**Abb.11:** Bereits nach wenigen Tagen war der Neuschnee jeweils wieder abgeschmolzen und die Eisschmelze setzte sich ungebremst fort. Blick von der Casatihütte auf die Region zwischen Pegel 24 und 31. Im Hintergrund Zufallspitzen und Cevedale (C. Espe, 25.08.2017).



**Abb.12:** Zur Zeit der maximalen Ausaperung in den letzten Augusttagen 2017 präsentiert sich der Langenferner nahezu ohne Schnee aus dem Winter 2016/17. Die Zunge hat sich abermals weit zurückgezogen, bestehende Felsinseln haben sich deutlich vergrößert. Unter dem Grat zwischen Suldenspitze und EisseePASS ist der Gletscher ebenfalls deutlich zurückgegangen, sodass in den entsprechenden Hängen oft kein Eis mehr sichtbar ist (Luftbild, L. Nicholson, 29.08.2017).



**Abb.13:** Auch an benachbarten, hochgelegenen Gletschern - im Bild: Vedretta de la Mare, Fürkeleferner und Zufallferner - konnte kaum Winterschnee den langen und heißen Sommer 2017 überdauern.

## 5 Dokumentation der Feldarbeiten

Die Arbeiten am Langenferner verliefen im Haushaltsjahr 2016/17 ohne Zwischenfälle und Verletzungen. Insgesamt erforderten fünf Begehungen an acht Arbeitstagen den Einsatz von insgesamt zwölf Personen. Die gesamte Personenleistung im Feld beträgt 24 Personentage die sich wie folgt aufteilen:

Stephan Galos (ACINN): 6 Personentage  
 Fabien Maussion (ACINN): 3 Personentage  
 Lukas Fritz (Bergführer): 3 Personentage  
 Maria Siller (ACINN): 2 Personentage  
 Andreas Meingast (privat): 2 Personentage  
 Hardy Titz (privat): 2 Personentage  
 Moritz Oberrauch (ACINN): 1 Personentag  
 Alois Belie (ACINN): 1 Personentag  
 Lorenzo Rieg (IGI): 1 Personentag  
 Lindsey Nicholson (ACINN): 1 Personentag  
 Roberto Dinale (HAB): 1 Personentag  
 Hartmann Stuefer (HAB): 1 Personentag

Darüber hinaus zu erwähnen sind zwölf Studenten der Studienrichtungen *Atmosphärenwissenschaften* und *Geographie* der Universität Innsbruck, welche im Rahmen des „Glaziologischen Geländepraktikums“ bei den Messungen zur Erstellung der Jahresbilanz am 26. und 27. September mithalfen.

Die Arbeiten zur Winterbilanz am 5. Mai 2017 wurden vom Hydrographischen Amt der Autonomen Provinz Bozen durch einen Hubschrauberflug unterstützt und konnten so wesentlich erleichtert werden. Ein großes Dankeschön für die Organisation des Fluges und die gute Zusammenarbeit gebührt Dr. Roberto Dinale.

Allen beteiligten Personen sei für ihr Engagement an dieser Stelle herzlich gedankt. Ohne sie wären die Arbeiten für die Erstellung der Bilanzen am Langenferner nicht möglich gewesen!

Es folgen auf den nächsten Seiten die Begehungsprotokolle der insgesamt fünf Arbeitseinsätze am Langenferner im Haushaltsjahr 2016/17.

## 5.1 Messungen zur Winterbilanz am 05.05.2017

### Ziel der Begehung:

Messung der Massentrücklage aus der Akkumulationsperiode 2016/17 zur Erstellung der Winterbilanz, sowie Wartungsarbeiten an der automatischen Wetterstation am Felsköpfl.

### Teilnehmer:

- Stephan Galos, Lindsey Nicholson, Alois Belie (Institut für Atmosphären- und Kryosphärenwissenschaften – Universität Innsbruck)
- Lorenzo Rieg (Institut für Geographie – Universität Innsbruck)
- Roberto Dinale, Hartmann Stuefer (Hydrographisches Amt Bozen)

### Ablauf:

Anfahrt der vier Personen aus Innsbruck (Start: 04:20 Uhr) in zwei Autos nach Hintermartell (Ankunft 06:50 Uhr). Die beiden Mitarbeiter des Hydrographischen Amtes fliegen mit dem Heli aus Meran an und treffen mit diesem um 07:20 Uhr ein. Anflug mit dem Helikopter auf die Drei Kanonen, da Nebelschwaden eine Landung weiter oben nicht zulassen. Aufteilung in drei Gruppen. Während sich die Gruppe Galos/Dinale auf das Anlegen und Aufzeichnen der Schneeschächte, sowie das Auslesen der Daten an der Wetterstation Felsköpfl, konzentriert, werden die Sondierungen der Schneehöhe von den beiden Gruppen Rieg/Stuefer und Nicholson/Belie übernommen.

Nach dem Anlegen von Schacht 3 wird die Aufteilung der Gruppen geändert. Galos/Rieg übernehmen aus Zeitgründen alle noch verbleibenden Sondierungen unterhalb Schacht 3, da die Gruppe Nicholson/Belie noch nicht zu sehen ist. Dinale/Stuefer legen derweil Schacht 4 an einem Neuen Ort, ca. 200 m westlich des alten Schachtes, an. Die beiden Teams treffen sich bei Schacht 4 und komplettieren gemeinsam die Messungen. Kurz danach trifft auch das Team Nicholson/Belie an der Gletscherzunge ein. Gemeinsames Warten auf den Helikopter der die vier Innsbrucker um etwa 16:20 Uhr ins Tal fliegt, während Dinale/Stuefer noch den Abflusspegel am Zufallplateau in Betrieb nehmen.

### Ausgeführte Arbeiten:

In vier Schneeschächten wurden Mächtigkeit und Dichte der Schneedecke gemessen, die sich seit dem Ende der Ablationsperiode 2016 auf dem Langenferner angesammelt hatte. Aus diesen Messwerten kann in weiterer Folge der Wasserwert des Winterschnees bestimmt werden. Zusätzlich wurden insgesamt 83 Sondierungen so gut wie möglich über die Gletscherfläche verteilt

durchgeführt, um die Mächtigkeit der Schneedecke und deren Verteilung zu messen. Zwei „Ausreißer“ wurden zur Analyse nicht berücksichtigt. Seit 2015 erfolgen die meisten Messungen an fixen Koordinaten. Einige Messpunkte wurden gegenüber dem Vorjahr an leicht veränderten Positionen durchgeführt. Dies ist mit der Einführung von neuen Pegelpositionen und teilweise durch die aktuellen Verhältnisse begründet, welche durch das Vorhandensein von Spaltenzonen oder durch Lawinengefahr Messungen an bestimmten Positionen am Gletscher nicht zulassen. Schacht 4 wurde aufgrund seiner ursprünglichen Lage, direkt am Gletscherende, ca. 180 m nach Westen verlegt. Der Schacht wird in den kommenden Jahren vermutlich aufgegeben werden.

Die Daten der Wetterstation Felsköpfl wurden durch einen Wechsel der Speicherarte ausgelesen.

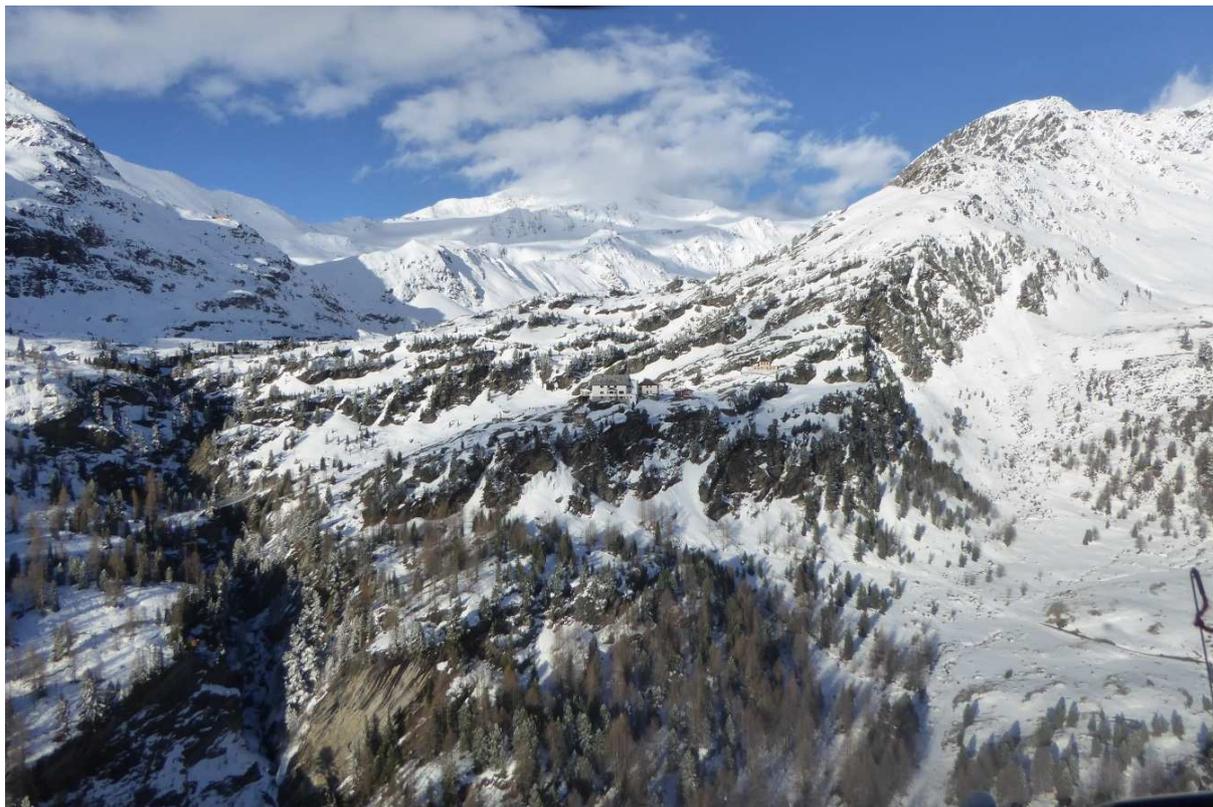
### **Aktuelle Situation:**

Der Gletscher präsentierte sich der Jahreszeit entsprechend verschneit. Trotz des warmen Frühjahrs reichte der Schnee wegen der Niederschläge der vergangenen Tage und Wochen noch bis zum Parkplatz Hintermartell. Auch die Mächtigkeit der Schneedecke erschien auf den ersten Blick nicht besonders deutlich unterdurchschnittlich (siehe Kapitel 4). Dies war allerdings auf die bemerkenswert geringe Dichte der Schneedecke zurückzuführen. Wenig Windverfrachtungen in der Schneedecke, keine sichtbar abgeblasenen Kuppen. Die Schneelage hätte eigentlich auch eine Abfahrt mit den Schi, zumindest bis auf das Plateau oberhalb der Zufallhütte erlaubt.

Witterung: Nach einem Morgen mit tiefer Bewölkung und teils schlechter Sicht in der Gipfelregion über 3200 m, später durchwegs sonniger Tag mit angenehmen Temperaturen und nur wenig Wind. Im Tagesverlauf leichtes Anfeuchten der Schneedecke, allerdings kein nennenswertes Schmelzen. Nullgradgrenze auf knapp 3000 m.



**Abb.14:** Blick vom oberen Langenferner auf Casati Hütte, Königsspitze, Ortler und Suldenspitze (A. Belie, 05.05.2017).



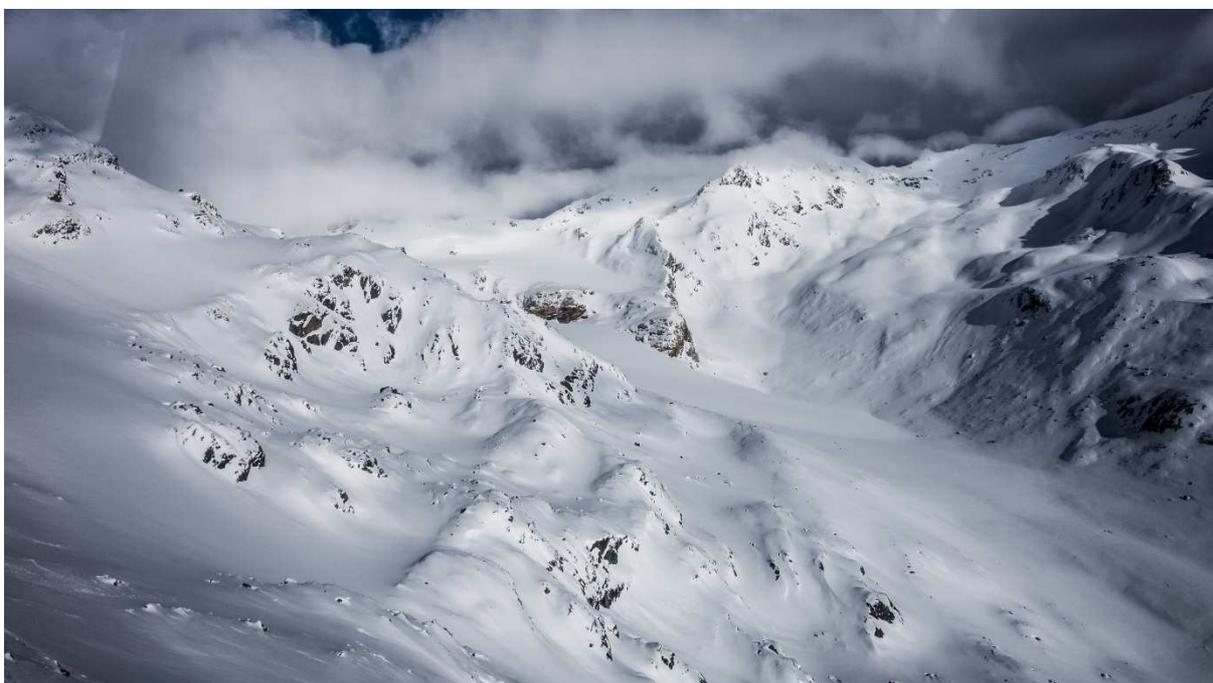
**Abb.15:** Blick aus dem Hubschrauber auf das hintere Martelltal zwischen Zufall- und Marteller Hütte (S. Galos, 05.05.2017).



**Abb.16:** Blick aus dem Hubschrauber auf die verschneite Zunge des Langenferners (S. Galos, 05.05.2017).



**Abb.17:** Blick aus dem Hubschrauber auf die Wetterstation am Felsköpfl (S. Galos, 05.05.2017).



**Abb.18:** Blick aus dem Hubschrauber auf die Region um die Zunge des Langenferners (A. Belie, 05.05.2017).



**Abb.19:** Lorenzo Rieg und Harti Stuefer bei der Arbeit, dahinter Schran-, Ultenmarkt-, und Hohenferner (S. Galos, 05.05.2017).



**Abb.20:** Die steilen Hänge unterhalb der Drei Kanonen vom Felsköpfl aus gesehen (S. Galos, 05.05.2017).



**Abb.21:** Die steilen Hänge unterhalb der Drei Kanonen und das Loch im Gletscherbruch der die Zunge vom Mittelteil des Gletschers trennt. Gesehen von Schacht 4 (S. Galos, 05.05.2017).



**Abb.22:** Blick vom Felsköpfl auf die Gipfel und Gletscher zwischen Zufrittspitze und Köllkuppe (A. Belie, 05.05.2017).



**Abb.23:** Die Teilnehmer der Feldkampagne zur Bestimmung der Winterbilanz 2017 am Langenferner: Alois Belie, Lindsey Nicholson, Lorenzo Rieg, Stephan Galos, Roberto Dinale und Harti Stuefer (S. Galos, 05.05.2017).



**Abb.24:** Blick aus dem Hubschrauber auf das Vorfeld des Langenfernens und das hinterste Martelltal (A. Belie, 05.05.2017).

## 5.2 Erste Sommerbegehung am 03.07.2017

### Ziel der Begehung:

Wartung des Pegelnetzes und Nachbohren vom Ausschmelzen bedrohter Pegel an der Zunge. Überprüfen der aktuellen Verhältnisse am Gletscher, sowie Überprüfung der automatischen Wetterstation am Felsköpfl.

### Teilnehmer:

- Stephan Galos, (Institut für Atmosphären- und Kryosphärenwissenschaften – Universität Innsbruck)
- Federico Covi, Glaciers Group, University of Fairbanks - Alaska

### Ablauf:

Anfahrt von Innsbruck nach Goldrain. Treffen der beiden Teilnehmer am Bahnhof. Gemeinsame Anfahrt nach Hintermartell. Aufstieg zur Zufallhütte und nach einer kurzen Kaffeepause weiter zur Gletscherzunge. Weiterer Aufstieg zur Wetterstation Felsköpfl, wobei im Aufstieg Pegel an der Zunge abgelesen werden. Außerdem wird der orographisch linke Rand der Zunge mit konventionellem GPS eingemessen. Ablesen der Pegel 6, 10, 9, 11, 12 und weiterer Aufstieg zur Wetterstation am Felsköpfl welche kurz auf offensichtliche Schäden überprüft wird. Nachdem solche nicht festgestellt werden und die Belüftung des Rotronic läuft, werden die Daten durch Wechsel der Speicherkarte ausgelesen. Nach einer Pause und der Überprüfung des Materialdepots. Aufnahme des Dampfbohrers und Abstieg. Ablesen von Pegel 14 und weiter hinunter zu Pegel 35 der neu gebohrt wird. Anschließend Nachbohren der Pegel 9 und 8, wobei an der Stelle von Pegel 8 drei Versuche notwendig sind (Schuttschicht oder Felsen in 2.5 m Tiefe), bevor eine Bohrtiefe von ca. 3.3 m erreicht werden kann. Danach Deponieren des Bohrers auf der rechten Seitenmoräne des Gletschers (nahe Pegel 8). Einmessen des rechten Gletscherrandes, Ablesen von Pegel 7 und Abstieg zum Pegeldepot im Gletschervorfeld (Längen-Messpunkt 2013). Dort werden noch einige Pegelstangen deponiert bevor um ca. 16:45 Uhr der Abstieg ins Tal erfolgt.

### Ausgeführte Arbeiten:

Es wurden alle Pegel unterhalb der Station Felsköpfl aufgesucht und abgelesen. Die Pegel 8, 9 und 35 wurden nachgebohrt, die Daten der Wetterstation wurden ausgelesen und der aktuelle Eisrand an der Gletscherzunge wurde mit GPS eingemessen.

**Aktuelle Situation:**

Trotz des frühen Datums präsentiert sich der Gletscher bereits mit wenig Winterschnee wobei die genaue Grenze der Winterrücklagen aufgrund von 10-20 cm Neuschnee aus der Vorwoche nicht bestimmt werden kann. Jedenfalls können alle Pegel unterhalb einer Höhe von 3000 m aufgefunden und abgelesen werden. Dies lässt sich auf die geringe Schneelage des vergangenen Winters und die extreme Hitze im Juni 2017 zurückführen.

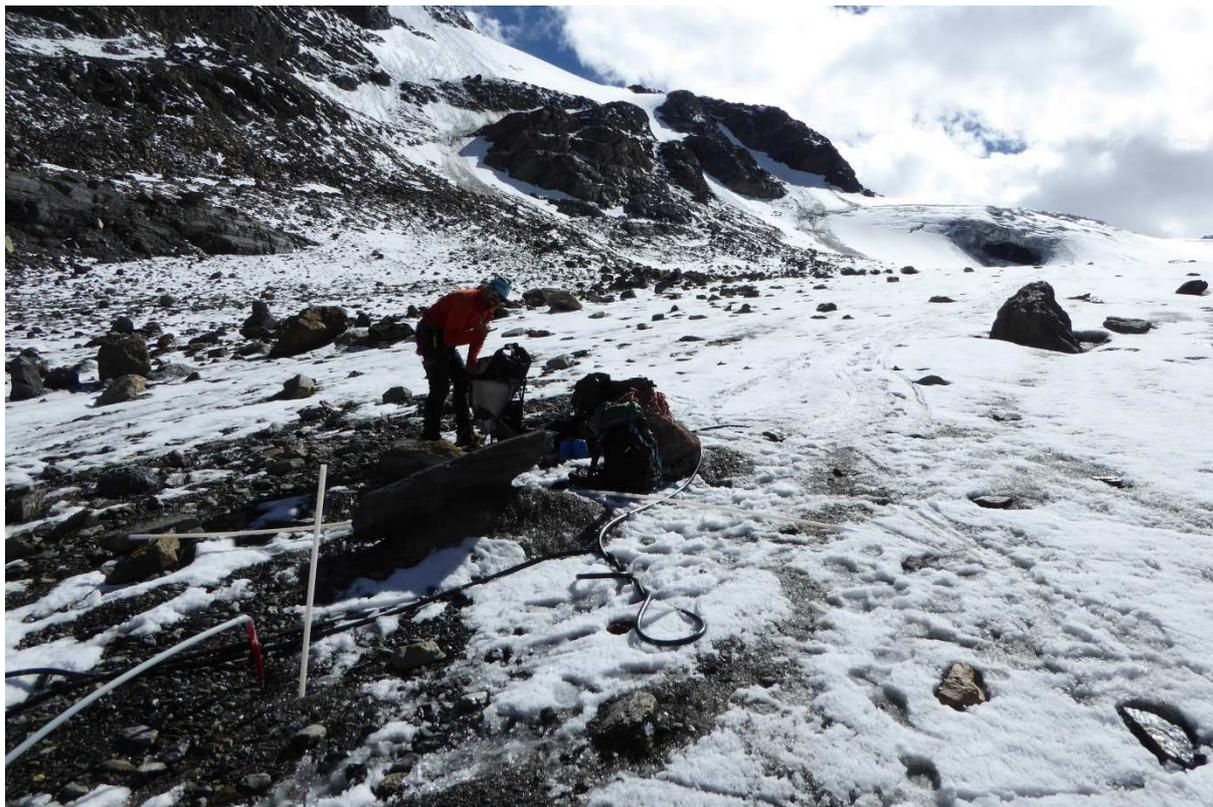
Witterung: freundlicher, warmer Sommertag mit angenehmen Temperaturen am Gletscher. Leicht bewölkt aber meist sonnig und freundlich. Im Laufe des Tages schmilzt der Neuschnee am Gletscher deutlich zurück und die Schneegrenze am Gletscher steigt von ca. 2700 m am Morgen, auf etwa 2850 m am Abend. Trotz hoher Albedo starkes Schmelzen und deutlich angeschwollene Abflüsse, jedoch nicht extrem.



**Abb.25:** Die leicht schneebedeckte Zunge des Langenferners am Morgen des 03.07.2017 (S. Galos).



**Abb.26:** Blick vom Felsköpfl auf die steilen Hänge nördlich der Drei Kanonen (S. Galos, 03.07.2017).



**Abb.27:** Federico Covi beim Nachbohren von Pegel 8 (S. Galos, 03.07.2017).



**Abb.28:** Der unterste Teil der Zunge war beim Abstieg bereits wieder schneefrei (S. Galos, 03.07.2017).

### 5.3 Zweite Sommerbegehung vom 04. bis zum 06.08.2017

#### Ziel der Begehung:

Ablesung der vorhandenen Pegel, Fotodokumentation der aktuellen Verhältnisse, (Ausaperung und Zustand des Gletschers und seiner Umgebung), sowie das Nachbohren der Pegel 8, 10, 11, 12, 17, 28 und 32.

#### Teilnehmer:

- Maria Siller, Institut für Atmosphären- und Kryosphärenwissenschaften – Uni Innsbruck
- Andreas Meingast, privat
- Hardy Titz, privat

#### Ablauf:

Anfahrt am Nachmittag des 04.08. von Innsbruck über den Brenner zum Parkplatz Hintermartell und Aufstieg zur Zufallhütte. Abendessen und Übernachtung. Am Morgen des 05.08. Aufstieg von der Hütte zum Gletscher und am wegen des starken Rückganges der Zunge bereits ausgeschmolzenen Pegel 6 vorbei zum Bohrer-Depot auf der orographisch rechten Seitenmoräne, östlich von Pegel 8. Aufnahme des Bohrers und Nachbohren der folgenden Pegel in genannter Reihenfolge: 8, 10, 11, 28, 12 und 32. Neben den genannten Pegeln werden noch weitere abgelesen: 7, 9, 14, 27, 15, 13, 18, 16, 29, 34, 20/15, 20/09, 22 und 21. Übernachtung auf der Casati Hütte. Am Morgen des 06.08. Abstieg zu Pegel 17, welcher abgelesen und neu gebohrt wird. Abstieg ins Tal und Rückfahrt nach Innsbruck.

#### Ausgeführte Arbeiten

Es wurden bis auf Pegel 33 und 35 alle Pegel im unteren und mittleren Bereich des Gletschers (insgesamt 21 Positionen) abgelesen. Zusätzlich dazu wurden sieben Pegel nachgebohrt. Detaillierte Informationen zu den Pegeln sind dem Pegelprotokoll zu entnehmen.

Die Wetterstation am Felsköpfl wurde optisch kontrolliert, wobei keine offensichtlichen Mängel festgestellt wurden. Die aktuellen Verhältnisse am Gletscher und in dessen Umgebung wurden ausführlich fotografisch dokumentiert (siehe Fotodokumentation).

#### Aktuelle Verhältnisse:

Für Anfang August präsentiert sich der Gletscher in extrem schlechtem Zustand. Bis auf kleine Reste in einigen Mulden ist der wenige Schnee aus dem Winter 2016/17 am gesamten Gletscher

vollständig abgeschmolzen. Auch während der Begehung, vor allem am 05.08. starkes Schmelzen und angeschwollene Gletscherabflüsse. Steinschlag aus den Bereichen über Pegel 8 und 11.

Insgesamt kann im Jahr 2017 wieder mit einer sehr stark negativen Massenbilanz des Gletschers gerechnet werden.

Witterung: am 05.08. freundlich, mit zunehmender konvektiver Bewölkung. Ganzer Tag trocken. Nullgradgrenze über 4500 m. Am 06.08. schon am Morgen starke Bewölkung und immer wieder leichter Regen. Gewittrig und zunehmend Regenschauer, Nullgradgrenze auf 3500 m sinkend.



**Abb.29:** Die steilen Hänge unter den Drei Kanonen und das Loch im ehemaligen „Gletscherbruch“ gesehen von Pegel 12 (A. Meingast, 05.08.2017).



**Abb.30:** Blick auf die Gletscher östlich des Martelltals (A. Meingast, 05.08.2017).



**Abb.31:** Blick von der Casati Hütte auf die obersten Bereiche des Langenferners (A. Meingast, 05.08.2017).



**Abb.32:** Blick auf den Steilhang zwischen Casati Hütte und Suldenspitze (A. Meingast, 05.08.2017).



**Abb.33:** Die steile Mulde zwischen Pegel 17 und 21 gesehen von Pegel 16 (A. Meingast, 06.08.2017).



**Abb.34:** Der mittlere und obere Teil des Langenferners, aufgenommen unterhalb des Eisseepasses (A. Meingast, 06.08.2017).

## 5.4 Dritte Sommerbegehung am 13.09.2017

### Ziel der Begehung:

Ablesen der Ablationspegel vor allem im oberen Gletscherteil bevor diese nach weiteren Schneefällen nicht mehr gefunden werden können. Dokumentation der aktuellen Verhältnisse am Gletscher, Vorbereitung der Lehrveranstaltung „Glaziologisches Geländepraktikum“ des Instituts für Atmosphären und Kryosphärenwissenschaften der Universität Innsbruck (25. bis 28.09.2017).

### Teilnehmer:

- Stephan Galos, Institut für Atmosphären- und Kryosphärenwissenschaften - Uni Innsbruck
- Moritz Oberrauch, Institut für Atmosphären- und Kryosphärenwissenschaften - Uni Innsbruck

### Ablauf:

Anfahrt von Innsbruck (05:10 Uhr) über den Brenner nach Hintermartell. Aufstieg (08:10 Uhr) zur Zufallhütte und nach einer kurzen Kaffeepause weiter zur Gletscherzunge. Beim Aufstieg über den Gletscher wurden die Pegel in folgender Reihenfolge aufgesucht: 7, 8, 9, 11, 12, 35, 13a, 18, 29, 20/17, 32, 31, 25. Nach Erreichen des höchsten Punktes bei Pegel 25 um 15:00 Uhr erfolgt der Abstieg über die Positionen der Pegel 23, 30, 21, 22, 20/15, 34, 16, 13a, 15, 27, 14, 28 und 10. Verlassen des Gletschers an der untersten Zunge um 17:15 Uhr. Abstieg erst weglos im Talgrund, später auf den Steigspuren entlang der Plima zurück zum Parkplatz der um 19:10 Uhr erreicht wird. Rückfahrt mit Essenstopp in Goldrain über den Brenner nach Innsbruck. Ankunft um 22:45 Uhr.

### Ausgeführte Arbeiten:

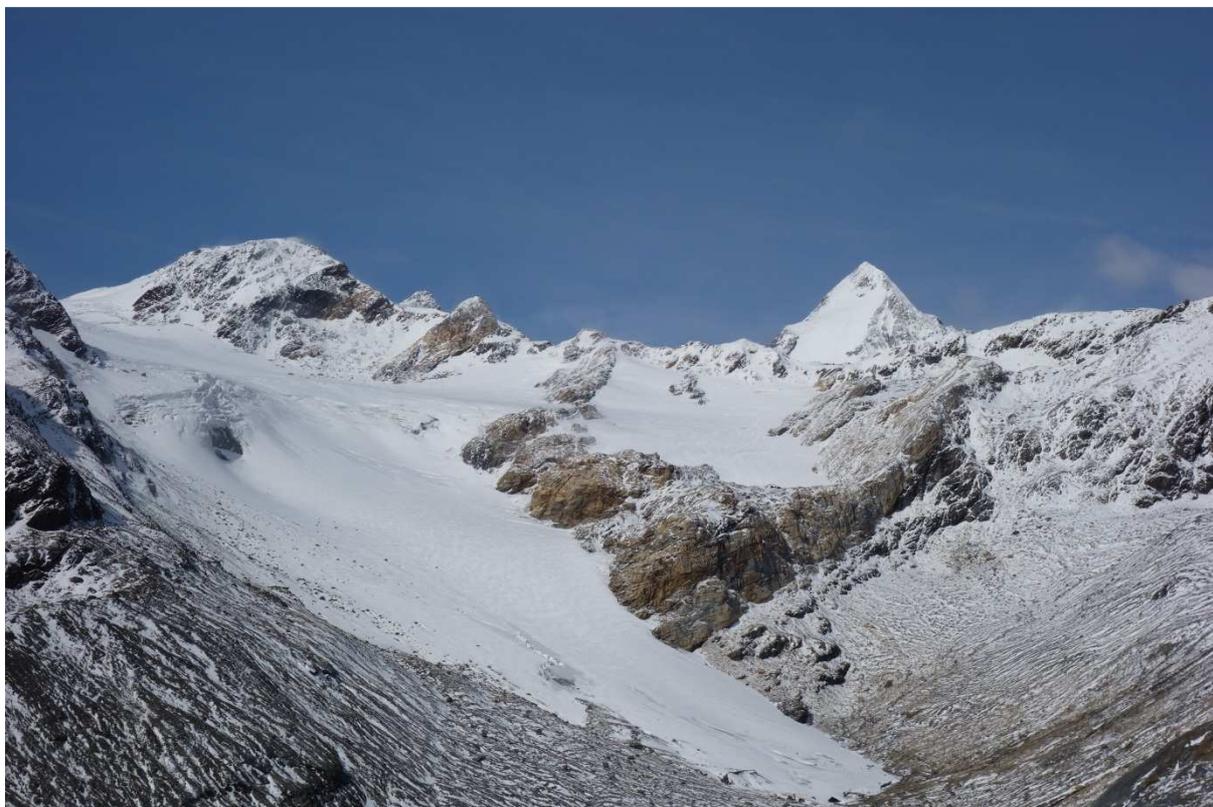
Es wurden ausgenommen der Pegel 17 und 33 alle Pegelpositionen am Langenferner aufgesucht. Folgende Pegel konnten nicht gefunden werden: 12, 13a, 15 und 23. Der Grund für das Nichtauffinden von Pegel 23 dürfe die Tatsache sein, dass an dieser Position immer noch etwas Firn aus den Jahren 2013 und 2014 vorhanden ist. Die anderen drei Pegel konnten vermutlich wegen der bereits vorhandenen Schneedecke von bis zu 40 cm (z.B. an Pegel 13a) nicht gefunden werden. Alle gefundenen Pegel wurden mit konventionellem GPS neu eingemessen.

### Aktuelle Situation:

Für die Jahreszeit präsentiert sich der Gletscher bereits relativ gut eingeschneit. Die Schneehöhen erreichen von 0-15 cm an der Zunge, bis zu 40 cm mancherorts in den mittleren und oberen Gletscherbereichen. Die Schneedecke ist kompakt und mehrschichtig, teilweise bereits

windverfrachtet. Der sehr lange und heiße Sommer 2017 hat in Kombination mit der deutlich unterdurchschnittlichen Schneerücklage aus dem Winter 2016/17 massive Spuren am Langenferner hinterlassen. Der Gletscher weist eine ungewöhnliche Anzahl an großen Spalten auf, auch in Gebieten die bis jetzt selbst in heißen Sommern nur wenige Spalten aufwiesen. Bestehende Felsinseln wurden deutlich groer und neue sind entstanden. So beginnt allmählich die deutlich zurückgezogene Zunge vom mittleren Gletscherteil von (orogr.) links her abzureißen. Das Loch unter dem Bruch der die Zunge vom mittleren Gletscherteil trennt ist wieder deutlich groer geworden. Die Hänge unter dem Grat zwischen Sulden- und Eisseespitze sind teilweise eisfrei geworden, ebenso die bisherige Position von Pegel 28, der in weiser Voraussicht Anfang August etwas näher hin zur Gletschermitte neu gebohrt wurde.

Witterung: freundlicher, aber windiger Herbsttag. Im Martelltal am Morgen sehr frisch und leichter Morgenfrost. Heiter bis stark bewölkt durch Zirren und später auch mittelhohe Bewölkung. Durch den lebhaften Wind vielerorts immer wieder Schneefahnen und Windteufel. Schnee bis in die oberste Gletscherregion leicht angefeuchtet aber kaum Schmelzen. Nur an der Zunge tritt am Abend wieder fleckenweise etwas Blankeis zu Tage. Kein merkbares Anschwellen der Gletscherabflsse. Nullgradgrenze um 3300 m.a.s.l.



**Abb.35:** Die bereits leicht eingeschneite Zunge des Langenfernners am 13.09.2017 (M. Oberrauch).



**Abb.36:** S. Galos zwischen den Spalten auf dem Weg zu Pegel 24 (M. Oberrauch, 13.09.2017).



**Abb.37:** Blick von Pegel 32 auf Zufallspitzen und Cevedale, sowie die Casatihütte (S. Galos, 13.09.2017).



**Abb.38:** Blick von einem Punkt nahe Pegel 25 auf Casatihütte und Königsspitze (S. Galos, 13.09.2017).



**Abb.39:** Neu zu tage getretener Fels im Bereich von Pegel 28 (S. Galos, 13.09.2017).

## 5.5 Vierte Sommerbegehung (Abschlussbegehung) vom 25. bis zum 27.09.2017

### Ziel der Begehung:

Durchführung der Messungen für die Erstellung der Jahresbilanz 2017. Ablesen aller Pegel, Bestimmung des Wasserwertes der Schneedecke am Gletscher. Dokumentation der aktuellen Verhältnisse, sowie Wartung der Wetterstation am Felsköpfl und Auslesen der Wetterdaten.

Durchführung der Lehrveranstaltung „Glaziologisches Geländepraktikum“ des Instituts für Atmosphären- und Kryosphärenwissenschaften der Uni Innsbruck.

### Teilnehmer:

- Stephan Galos, Institut für Atmosphären- und Kryosphärenwissenschaften - Uni Innsbruck
- Fabien Maussion, Institut für Atmosphären- und Kryosphärenwissenschaften - Uni Innsbruck
- Lukas Fritz, Bergführer & Institut für Geographie - Uni Innsbruck
- 12 Studenten der Studienrichtungen Atmosphärenwissenschaften und Geographie der Universität Innsbruck

### Ablauf:

Anfahrt von Innsbruck am Morgen des 25.09 (06:10 Uhr) über den Brenner nach Hintermartell. Treffen mit den Teilnehmern des Praktikums bei der Talstation der Materialseilbahn der Zufallhütte. Aufstieg (09:30 Uhr) zur Zufallhütte, Bezug der Zimmer und nach einer Kaffeepause Austieg zur Gletscherzunge. Dort bohrt eine kleine Gruppe mit S. Galos Pegel 7 neu ein, während die anderen Personen mit L. Fritz Übungen zur Sicherheit am Gletscher durchführen. Abstieg zur Hütte, Übernachtung.

Am Morgen des 26.09. erneuter Aufstieg zur Gletscherzunge. Eine kleine Gruppe um S. Galos steigt mit dem Dampfbohrer zu Pegel 14 auf welcher neu gebohrt wird. Dann Aufstieg zu den Pegeln 20a (2009) und b (2015) welche ebenfalls neu gebohrt werden. Deponierung des Bohrers bei Pegel 29 und Abstieg zum Rest der Gruppe welche den Tag mit Übungen zur Spaltenbergung verbracht hat. Gemeinsamer Abstieg aller Beteiligten zur Zufallhütte und erneute Übernachtung.

Am 27.09. Aufstieg von der Hütte über den Moränenweg Richtung EisseePASS. Kurz unterhalb des Passes Aufteilung in zwei Gruppen: L. Fritz steigt mit einigen starken Studenten zum obersten Gletscherteil auf um dort die notwendigen Schneehöhenmessungen durchzuführen, während die restlichen Studenten mit F. Maussion und S. Galos die Ablesung der Pegel im mittleren Gletscherteil, das Anlegen eines Schneeschatzes bei Pegel 29 und das Neuboahren des Pegels 29 übernehmen. Danach Abstieg zur Wetterstation und weiter über die Gletscherzunge, wobei noch sämtliche Pegel

aufgesucht werden und jeweils zumindest die Schneehöhe gemessen wird. Aufgrund der vorhandenen Schneedecke seit Anfang September werden nur noch einzelne Pegel abgelesen zumal die Eisablation schon bei der Begehung am 13.09. bestimmt wurde. Um 16:30 Uhr gemeinsamer Abstieg aller Teilnehmer zur Zufallhütte, weitere Übernachtung.

Am Morgen des 28. September wird die Lehrveranstaltung beendet. F. Maussion und S. Galos treffen sich auf der Hütte noch mit Roberto Dinale vom Hydrographischen Amt der Autonomen Provinz Südtirol und assistieren ihm bei Durchflussmessungen am Abflusspegel unterhalb des Schutzwalles auf dem Zufall-Plateau. Danach gemeinsames Mittagessen, Abstieg und Rückfahrt nach Innsbruck.

### **Ausgeführte Arbeiten:**

Es wurden alle notwendigen Daten zur Erstellung der Jahresbilanz 2017 erhoben. Dabei wurden alle Pegelpositionen aufgesucht und jeweils die Schneehöhe gemessen. Jene Pegel welche am 13.09. nicht aufgesucht wurden, sowie einige weitere Pegel, vor allem im unteren Gletscherbereich, wurden abgelesen (8, 9, 10, 11, 14, 17, 20a, 20b, 33). Die Pegel 7, 14, 20a, 20b und 29 wurden neu gebohrt. Die Wetterstation am Felsköpfl wurde gewartet und die Daten ausgelesen. Die aktuellen Verhältnisse am Gletscher und in dessen Umgebung wurden ausführlich fotografisch dokumentiert.

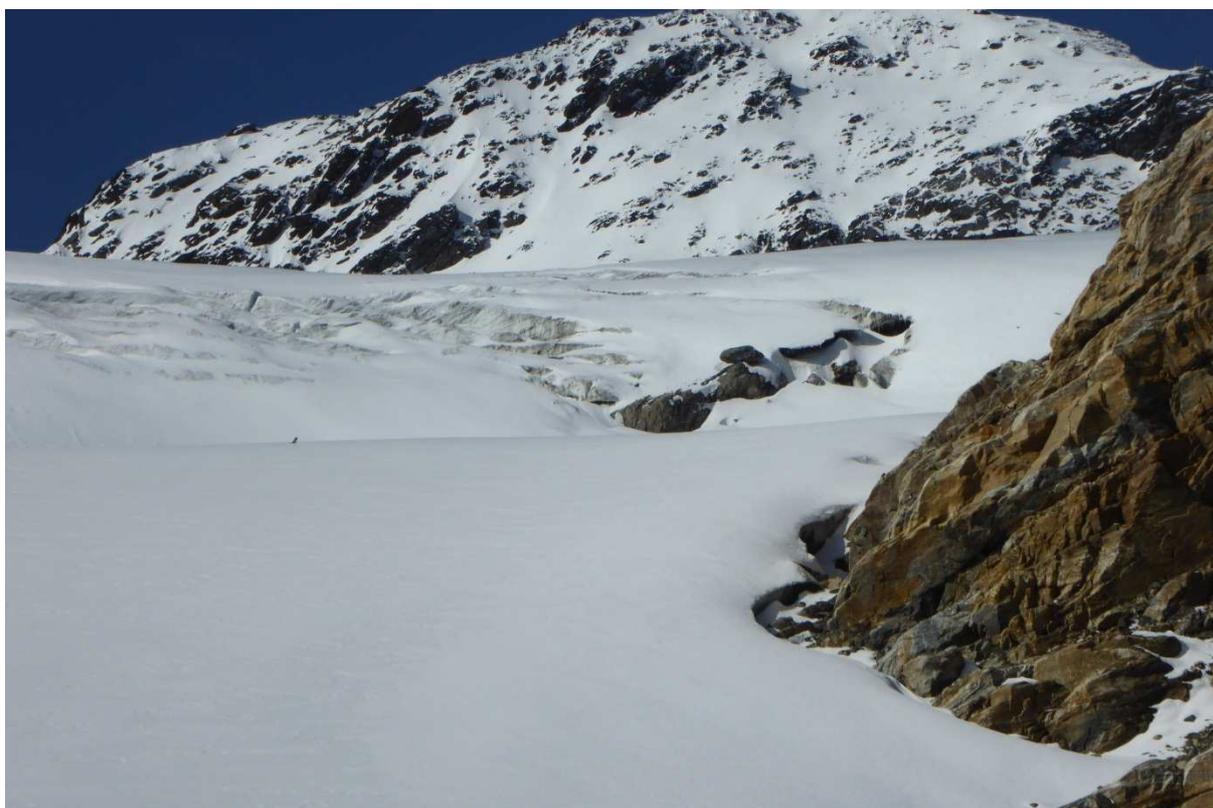
### **Aktuelle Situation:**

Der Gletscher ist für die Jahreszeit bereits gut eingeschnitten. Die Dicke der kompakten Schneedecke reicht von wenigen cm an der Zunge bis zu 70 cm im obersten Gletscherteil. Durch die Schneebedeckung werden die Auswirkungen der extremen Massenverluste des Sommers 2017 teilweise etwas maskiert, trotzdem sind die hervorgerufenen Veränderungen unübersehbar. Neue Felsinseln, treten zu Tage, bestehende haben sich deutlich vergrößert. Das Loch im ehemaligen Eisbruch hat sich stark vergrößert und die Zunge beginnt jetzt auch von der Felsinsel südöstlich von Pegel 13a her abzureißen. Dieser Prozess wird sich in den kommenden Jahren wohl schnell fortsetzen. Auch unterhalb von Pegel 14 ist der Gletscher deutlich zurückgegangen und so muss wohl selbst mit der Aufgabe von Pegel 14 innerhalb der nächsten 2-5 Jahre gerechnet werden. In den Flanken unterhalb des Grates zwischen Eisseepass und Suldenspitze sind nun oft nur noch Schutthalden zu sehen. Teilweise ist es schwierig zu sagen ob in diesem Bereich unter dem Schutt noch Eis vorhanden ist.

Witterung: An allen Tagen freundlich, abwechselnd sonnig und bewölkt, im Tagesverlauf jeweils Bewölkungszunahme und am Nachmittag oft tiefe Bewölkung, teilweise schlechte Sicht und leichte Schneeschauer. Insgesamt der Jahreszeit entsprechende Temperaturen, am 27.09. eher mild und Schneefallgrenze auf ca. 2800 m steigend. Schnee meist feucht, aber nur geringes Schmelzen.



**Abb.40:** Die Zunge des Langenferners war bei der Abschlussbegehung bereits schneebedeckt (D. Detka 27.09.2017).



**Abb.41:** Die Felsinsel im orographisch linken Teil des ehemaligen Gletscherbruchs der die Zunge vom mittleren Gletscherteil trennt (S. Galos, 27.09.2017).



**Abb.42:** Blick auf den ehemaligen Eisbruch zwischen Zunge und mittlerem Gletscherteil (S. Galos, 27.09.2017).



**Abb.43:** Blick auf den nörlichsten Teil des Langenferners. Die bestehenden Felsinseln unter dem Grat südlich des Eisseepasses haben sich deutlich vergrößert (S. Galos, 27.09.2017).



**Abb.44:** S. Galos mit Studenten beim Ablesen von Pegel 9 (D. Detka, 26.09.2017).



**Abb.45 (links) und 46 (rechts):** S. Galos beim Anlegen des Schachtes bei Pegel 29 (F. Maussion und D. Detka, 27.09.2017).



**Abb.47:** Die steile Mulde zwischen Pegel 17 und 21 gesehen von Pegel 16. (A. Meingast, 06.08.2017)



**Abb.48:** Auslesen der Daten an der Wetterstation „Felsköpfl“ mit einer Gruppe interessierter Studenten (F. Maussion, 27.09.2017).

## 6 Tabellen und Messwerte

### 6.1 Die Schächte zur Winterbilanz 2016/17

Schacht S1: Stephan Galos & Roberto Dinale, 05.05.2017							
GPS (WGS84, 32T)	RW: 623511	HW: 5146678	Alt: 3263	Messpunkt / Pegel 24			
Tiefe [cm]	r= [m]	l= [m]	V= [m³]				
253	0,0285	0,211	0,00053842				
Abstich	Füll_korr [m]	Füllhöhe [m]	m [g]	offset [g]	m_korr [g]	rho [kg/m³]	ww [kg/m²]
1	0,059	0,270	615	548	67	97	26
2		0,211	638	548	90	167	35
3		0,211	672	548	124	230	49
4		0,211	695	548	147	273	58
5		0,211	722	548	174	323	68
6		0,211	740	548	192	357	75
7		0,211	750	548	202	375	79
8		0,211	745	548	197	366	77
9		0,211	740	548	192	357	75
10		0,211	764	548	216	401	85
11		0,211	755	548	207	384	81
12		0,211	725	548	177	329	69
<b>Summe:</b>		2,591	8561	6576	1985	<b>300</b>	<b>778</b>
Korrekturen:							
Diff. gemessene Tiefe - Summe der Abstiche			- 6 cm	rho [kg/m³]:	300	ww [kg/m²]:	-18
Schnee 30.09.2016 (über Sommerhorizont 2016)			24 cm	rho [kg/m³]:	280	ww [kg/m²]:	67
Korrektur Schnee (unter Horizont 2016)*			5 cm	rho [kg/m³]:	500	ww [kg/m²]:	25
Schnee seit inkl. 01.05.2017:			12 cm	rho [kg/m³]:	95	ww [kg/m²]:	11
						<b>korrigiert:</b>	<b>656 kg/m²</b>

Tab.7: Die Auswertung zu Schacht 1 bei der Begehung zur Messung der Winterbilanz am 5. Mai 2017.

Schacht S2: Stephan Galos & Roberto Dinale, 05.05.2017							
GPS (WGS84, 32T)	RW: 0623392	HW: 5147548	Alt: 3082				
Tiefe: (cm)	R= [m]	l= [m]	V= [m³]				
255	0,0285	0,211	0,00053842				
Abstich	Füll_korr [m]	Füllhöhe [m]	m [g]	offset [g]	m_korr [g]	rho [kg/m³]	ww [kg/m²]
1	0,01	0,221	610	549	61	108	24
2		0,211	646	549	97	180	38
3		0,211	660	549	111	206	43
4		0,211	682	549	133	247	52
5		0,211	722	549	173	321	68
6		0,211	760	549	211	392	83
7		0,211	772	549	223	414	87
8		0,211	745	549	196	364	77
9	0,005	0,216	764	549	215	390	84
10		0,211	772	549	223	414	87
11		0,211	775	549	226	420	89
12		0,175	720	549	171	383	67
<b>Gesamt:</b>	0,015	2,511	8628	6588	2040	<b>318</b>	<b>799</b>
Korrekturen:							
Diff. gemessene Tiefe - Summe der Abstiche			0 cm	rho [kg/m³]:		ww [kg/m²]:	
Schnee 30.09.2016 (Messung Pegel 16 und 18)			19 cm	rho [kg/m³]:	310	ww [kg/m²]:	59
Schnee seit inkl. 01.05.2016:			14 cm	rho [kg/m³]:	100	ww [kg/m²]:	14
						<b>korrigiert:</b>	<b>727 kg/m²</b>

Tab.8: Die Auswertung zu Schacht 2 bei der Begehung zur Messung der Winterbilanz am 5. Mai 2017.

Schacht S3: Stephan Galos & Roberto Dinale, 05.05.2017							
GPS (WGS84, 32T)	RW: 0624024	HW: 5147669	Alt: 2900	Pegel 12			
Tiefe: (cm)	R= [m]	l= [m]	V= [m³]				
234	0,0285	0,211	0,00053842				
Abstich	Füll_korr [m]	Füllhöhe [m]	m [g]	offset [g]	m_korr [g]	rho [kg/m³]	ww [kg/m²]
1	0,049	0,260	639	549	90	136	35
2		0,211	652	549	103	191	40
3		0,211	659	549	110	204	43
4		0,211	684	549	135	251	53
5	0,005	0,216	762	549	213	386	83
6		0,211	769	549	220	409	86
7		0,211	769	549	220	409	86
8		0,211	760	549	211	392	83
9		0,211	747	549	198	368	78
10		0,211	748	549	199	370	78
11		0,175	725	549	176	394	69
<b>Summe:</b>	<b>0,054</b>	<b>2,339</b>	<b>7914</b>	<b>6039</b>	<b>1875</b>	<b>314</b>	<b>735</b>
<b>Korrekturen:</b>							
Diff. gemessene Tiefe - Summe der Abstiche			0 cm	rho [kg/m³]:		ww [kg/m²]:	
Schnee 30.09.2016			10 cm	rho [kg/m³]:	320	ww [kg/m²]:	32
Schnee seit inkl. 01.05.2017:			14 cm	rho [kg/m³]:	120	ww [kg/m²]:	12
					<b>korrigiert:</b>	<b>691 kg/m²</b>	

**Tab.9:** Die Auswertung zu Schacht 3 bei der Begehung zur Messung der Winterbilanz am 5. Mai 2017.

Schacht S4: Stephan Galos, & Lorenzo Rieg, 05.05.2017							
GPS (WGS84, 32T)	RW: 624404	HW: 5147799	Alt: 2757	neuer Ort, ca 180 m westlich Pegel 6			
Tiefe: (cm)	R= [m]	l= [m]	V= [m³]				
243	0,0285	0,211	0,00053842				
Abstich	Füll_korr [m]	Füllhöhe [m]	m [g]	offset [g]	m_korr [g]	rho [kg/m³]	ww [kg/m²]
1		0,211	632	549	83	154	33
2		0,211	658	549	109	202	43
3		0,211	672	549	123	228	48
4		0,211	680	549	131	243	51
5		0,211	770	549	221	410	87
6		0,211	759	549	210	390	82
7		0,211	774	549	225	418	88
8		0,211	770	549	221	410	87
9		0,211	730	549	181	336	71
10		0,211	745	549	196	364	77
11		0,211	755	549	206	383	81
12	-0,101	0,110	652	549	103	367	40
<b>Summe:</b>	<b>-0,101</b>	<b>2,431</b>	<b>8597</b>	<b>6588</b>	<b>2009</b>	<b>324</b>	<b>787</b>
<b>Korrekturen:</b>							
Diff. gemessene Tiefe - Summe der Abstiche			0 cm	rho [kg/m³]:		ww [kg/m²]:	
Schnee 30.09.2016			0 cm	rho [kg/m³]:		ww [kg/m²]:	
Schnee seit inkl. 01.05.2017:			12 cm	rho [kg/m³]:	150	ww [kg/m²]:	18
					<b>korrigiert:</b>	<b>769 kg/m²</b>	

**Tab.10:** Die Auswertung zu Schacht 4 bei der Begehung zur Messung der Winterbilanz am 5. Mai 2017.

## 6.2 Sondierungen zur Winterbilanz 2016/17

Nr.	ID	X UTM	Y UTM	Alt_2013	prob1	prob2	prob3	ext	SH	rho	we_roh	c_ba_15/16	c_bs_17	bw_fix
1	LGF06/16	624547	5147823	2731	124	133	135	120	251	325	815	0	17	798
2	LGF07/16	624438	5147817	2759	92	93	95	120	213	325	693	0	14	679
3	LGF08/15	624417	5147709	2802	174	175	180	120	296	320	948	0	20	929
4	LGF09/15	624300	5147710	2829	106	112	115	120	231	315	728	0	15	713
5	LGF10/15	624327	5147854	2782	154	155	146	120	272	310	842	0	17	825
	LGF11/15	keine Messung durchgeführt												
6	LGF13a/11	623566	5147734	3062	159	159	159	120	279	315	879	60	17	802
7	LGF14/15	623839	5147918	2960	310	320	325	0	318	315	1003	18	20	964
8	LGF15/15	623547	5147840	3043	320	330	319	0	323	315	1017	54	20	944
9	LGF16/15	623511	5147529	3078	180	195	185	0	187	315	588	61	11	516
	LGF17/15	keine Messung durchgeführt												
10	LGF18/09	623399	5147671	3084	200	193	205	120	319	315	1006	57	20	929
11	LGF20/09	623270	5147215	3168	120	120	119	120	240	310	743	78	14	651
	LGF20/15	keine Messung durchgeführt												
12	LGF21/15	623479	5147000	3222	129	143	145	0	139	310	431	39	8	384
13	LGF22/11	623222	5146875	3219	115	112	114	120	234	310	724	45	14	665
14	LGF23/05	623879	5146700	3287	269	295	292	0	285	305	870	48	17	805
15	LGF24/05	Schacht 1												
16	LGF25/11	623636	5146312	3363	171	186	180	0	179	310	555	47	10	497
17	LGF27/15	623704	5147869	3003	288	298	298	0	295	315	928	46	18	864
18	LGF28/15	624133	5147755	2880	242	250	252	120	368	315	1159	6	24	1129
19	LGF29/09	623295	5147475	3107	114	112	110	120	232	315	731	31	14	685
20	LGF30/09	623730	5146883	3259	144	139	147	0	143	310	444	60	8	376
21	LGF31/09	623202	5146528	3275	100	95	94	120	216	300	649	45	12	592
22	LGF32/09	623024	5146929	3245	179	189	190	120	306	310	949	19	19	910
23	LGF33/09	623316	5147856	3118	330	335	330	0	332	315	1045	55	20	969
24	LGF34/11	623361	5147335	3124	84	87	85	120	205	310	637	60	12	565
	LGF35/15	keine Messung durchgeführt												
25	LGF/AWS	623548	5146888	3238	171	170	182	0	174	310	540	59	10	472

**Tab.11a:** Sondierungen zur Winterbilanz 2016/17 an den Positionen der Ablationspegel. Pegelnummer, Rechtswert, Hochwert, Seehöhe [m.a.s.l.], die einzelnen Sondierungswerte [cm] (3 Spalten), Korrektur für Verlängerung [cm], Dichte [kg/m<sup>3</sup>], Wasserwert der Schneedecke [kg/m<sup>2</sup>], Korrektur für Sommerschnee 2016, Korrektur bezüglich des fixen Datums und korrigierter Wert der Winterbilanz nach fixem Datum (01.10.2016 bis 30.04.2017) [kg/m<sup>2</sup>].

Nr.	ID	X UTM	Y UTM	Alt_2013	prob1	prob2	prob3	ext	SH	rho	we_roh	c_ba_15/16	c_bs_17	bw_fix
26	SH1	623571	5146406	3335	157	174	170	0	167	310	518	47	10	461
27	SH2	623531	5146521	3300	213	223	213	0	216	300	649	45	12	592
28	SH3	623464	5146595	3273	164	168	163	120	285	305	869	45	17	807
29	SH4	623341	5146531	3277	107	103	110	120	227	300	680	45	13	622
30	SH5	623323	5146626	3245	99	108	104	120	224	300	671	50	13	608
31	SH6	623232	5146658	3242	118	125	121	120	241	305	736	40	14	682
32	SH7	623146	5146757	3232	168	172	173	120	291	305	888	45	17	825
33	SH8	623307	5146789	3228	123	121	123	120	242	305	739	45	14	680
34	SH9	623137	5146970	3211	137	141	140	120	259	310	804	35	16	753
35	SH10	623072	5147059	3238	125	114	123	120	241	310	746	25	15	706
36	SH11	623106	5147176	3196	140	132	140	240	377	310	1170	35	23	1111
37	SH12	623199	5147322	3152	84	94	98	120	212	310	657	70	12	575
38	SH13	623218	5147454	3119	37	42	40	240	280	315	881	40	17	824
39	SH14	623434	5147415	3102	61	71	64	120	185	310	575	55	11	509
40	SH15	623492	5147657	3070	170	134	132	120	265	315	836	55	16	765
41	SH16	623591	5147605	3060	65	70	63	120	186	315	586	55	11	520
42	SH17	623866	5147641	3117	172	170	170	0	171	315	538	30	10	497
43	SH18	623955	5147585	3107	132	130	135	0	132	315	417	25	8	384
44	SH19	624042	5147549	3091	218	240	211	0	223	310	691	30	14	648
45	SH20	624246	5147565	2852	248	188	242	0	226	310	701	30	14	657
46	SH21	624307	5147602	3013	184	155	137	0	159	310	492	30	10	452
47	SH22	623978	5146773	3283	193	189	195	0	192	310	596	45	11	540
48	SH23	624039	5146857	3282	245	265	260	0	257	310	796	45	15	735
49	SH24	623718	5146646	3292	333	350	345	0	343	305	1045	50	21	975
50	SH25	623596	5146584	3287	260	255	257	0	257	300	772	45	15	712
51	SH26	623796	5146537	3323	244	247	252	0	248	300	743	50	14	679
52	SH27	623677	5146402	3352	203	197	199	0	200	310	619	47	12	560
53	SH28	623718	5146272	3372	135	134	139	0	136	310	422	45	8	369
54	SH29	623771	5146172	3450	127	135	136	0	133	310	411	40	8	364
55	SH30	623778	5146787	3272	350	347	344	0	347	305	1058	55	21	983
56	SH31	623633	5146752	3263	290	292	294	0	292	300	876	60	17	799
57	SH32	623660	5146990	3228	173	190	176	0	180	305	548	55	10	483
58	SH33	623375	5146927	3220	211	213	212	0	212	310	657	45	13	600
59	SH34	623268	5146993	3207	187	183	180	0	183	310	568	50	11	508
60	SH35	623190	5147091	3191	253	261	257	0	257	310	797	60	15	722
61	SH36	623375	5147119	3183	213	226	228	0	222	310	689	60	13	616
62	SH37	623517	5147145	3178	210	200	211	0	207	310	642	60	12	570
63	SH38	623510	5147280	3119	336	327	338	0	334	310	1034	60	20	954
64	SH39	623649	5147333	3077	330	334	335	0	333	310	1032	55	20	957
65	SH41	623589	5147397	3073	233	233	249	0	238	310	739	55	14	670
66	SH42	623267	5147604	3112	282	280	280	0	281	315	884	50	17	817
67	SH43	623216	5147686	3140	367	365	360	0	364	315	1147	55	22	1069
68	SH44	623253	5147809	3142	380	355	358	0	364	315	1148	60	22	1065
69	SH45	623367	5147949	3098	341	341	345	0	342	315	1078	55	21	1002
70	SH46	623412	5147806	3081	330	338	329	0	332	315	1047	60	20	967
71	SH47	623463	5147898	3064	315	315	320	0	317	315	998	55	19	923
72	SH48	623624	5147785	3037	283	281	290	0	285	315	897	55	17	824
73	SH49	623714	5147779	3008	280	275	273	0	276	315	869	55	17	798
74	SH50	623764	5147936	2982	320	315	322	0	319	315	1005	40	20	945
75	SH51	623811	5147843	2970	260	325	272	0	286	315	900	30	18	852
76	SH52	624206	5147700	2859	109	107	107	120	228	315	717	20	14	683
77	SH53	624260	5147641	2847	99	90	95	120	215	310	665	20	13	632
78	SH54	624258	5147791	2822	201	101	196	120	286	315	901	10	18	873
79	SH55	624393	5147783	2788	119	112	120	120	237	325	770	0	16	754
80	SH56	624511	5147762	2761	225	230	230	120	348	325	1132	0	23	1109
81	SH57	624437	5147923	2750	111	119	119	120	236	320	756	0	16	741

**Tab.11b:** Sondierungen und Schächte zur Winterbilanz 2016/17. Sondierungsnummer, ID, Rechtswert, Hochwert, Seehöhe [m.a.s.l.], die einzelnen Sondierungswerte [cm] (3 Spalten), Korrektur für Verlängerung [cm], Schneehöhe [cm], mittlere Dichte [kg/m<sup>3</sup>], Wasserwert unkorrigiert [kg/m<sup>2</sup>] Korrektur für Sommerschnee 2016 [kg/m<sup>2</sup>], Korrektur für Schnee seit 01.05. [kg/m<sup>2</sup>] und korrigierter Winterbilanzwert [kg/m<sup>2</sup>] für die Periode 01.10.2016 bis 30.04.2017.

### 6.3 Protokolle der Pegelablesungen im Haushaltsjahr 2016/17

#### 6.2.1 Pegelprotokoll 03.07.2017 (S. Galos, und F. Covi)

Pegel	FEE	FEE neu	Altschnee	Neuschnee	Kommentar
LGF06/16	332		0	5	
LGF07/16	394	190	0	4	
LGF08/15	440		0		
LGF08/17		83	0		provisorisch neu gebohrt direkt neben altem Pegel (25cm nördl.)
LGF09/15	345	133	0	8	
LGF09/17		-12	0	5	
LGF10/15	281		0	7	
LGF11/15	361		0	12	
LGF12/15	385		0	10	
LGF14/15	284		14	10	
LGF35/15	238		4	10	
LGF35/17		-8	30	10	8 m oberhalb altem Pegel neu gebohrt

Tab.12: Pegelprotokoll vom 03. Juli 2017.

#### 6.2.2 Pegelprotokoll 05. und 06. 08.2017 (M. Siller, A. Meingast und H. Titz)

Pegel	FEE	FEE neu	Altschnee	Neuschnee	Kommentar
LGF06/16			0	0	ausgeschmolzen, an Pegel kein Eis mehr vorhanden
LGF07/16	335		0	0	Messwert fragwürdig (niedrige Ablation)
LGF08/15			0	0	ausgeschmolzen
LGF08/17	312		0	0	
LGF08/17b		48	0	0	ca. 20 m nördl., 10 m oberhalb altem Pegel neu gebohrt
LGF09/15			0	0	ausgeschmolzen
LGF09/17	214		0	0	
LGF10/15	504		0	0	
LGF10/17		-1	0	0	ca. 10 m oberhalb altem Pegel neu gebohrt
LGF11/15	580		0	0	
LGF11/17		29	0	0	ca. 7 m oberhalb altem Pegel neu gebohrt
LGF12/15			0	0	ausgeschmolzen
LGF12/17		47	0	0	ca. 10 m oberhalb altem Pegel neu gebohrt
LGF13a/11	532		0	0	
LGF14/15	504	300	0	0	
LGF15/15	190		0	0	
LGF16/15	412		0	0	
LGF17/15	559		0	0	
LGF17/17		-15	0	0	ca. 10 m oberhalb altem Pegel neu gebohrt
LGF18/05	355		0	0	
LGF20a/09	183		0	0	
LGF20b/15	433		0	0	
LGF21/15	277		0	0	
LGF22/11	346		0	0	
LGF27/15	439		0	0	
LGF28/15	487		0	0	
LGF28/17		45	0	0	ca. 5 m Richtung Gletschermitte + 5 m oberhalb altem Pegel
LGF29/09	350		0	0	
LGF32/09	394		0	0	
LGF32/17		-15	0	0	ca. 8m oberhalb altem Pegel
LGF34/11	452		0	0	

Tab.13: Pegelprotokoll vom 05. und 06. August 2017.

### 6.2.3 Pegelprotokoll 13.09.2017 (S. Galos und M. Oberrauch)

Pegel	FEE	FEE neu	Altschnee	Neuschnee	Kommentar
LGF07/16	534		0	2	
LGF08/17_2	235		0	15	
LGF09/17	384		0	3	
LGF10/17	161		0	7	
LGF11/17	195		0	14	
LGF12/17			0	20	nicht gefunden
LGF13a/11			0	40	nicht gefunden
LGF14/15	453		0	27	
LGF15/15			0		nicht gefunden
LGF16/15	529		0	25	
LGF18/05	491		0	25	
LGF20a/09	298		0	23	
LGF20b/15	545		0	15	
LGF21/15	373		0	18	
LGF22/11	445		0	24	
LGF23/05			0		nicht gefunden
LGF25/11	460	45	0	28	
LGF27/15	583		0	29	
LGF28/17	197		0	15	
LGF29/09	472		0	20	
LGF30/09	475		0	13	
LGF31/09	240		0	40	
LGF32/17	155		0	20	
LGF34/11	570		0	9	
LGF35/17	322		0	30	

**Tab.14:** Pegelprotokoll vom 13. September 2017.

### 6.2.4 Pegelprotokoll 26. und 27.09.2017 (S. Galos, F. Maussion, L.Fritz und 12 Studenten)

Pegel	FEE	FEE neu	Altschnee	Neuschnee	Kommentar
LGF07/16			0		nicht gefunden, vermutlich keine Eisablation seit 13.09.
LGF07/17		9	0	16	neu gebohrt
LGF08/17_2			0	20	
LGF09/17	386		0	10	
LGF10/17			0	27	
LGF11/17			0	30	
LGF12/17			0	32	nicht gefunden
LGF13a/11			0	58	nicht gefunden
LGF14/15	452	45	0	55	
LGF14/17		-4	0		neu gebohrt
LGF15/15			0	58	nicht gefunden
LGF16/15			0	51	Pegel nicht abgelesen, keine Eisablation seit 13.09.
LGF17/17	82		0	20	
LGF18/05			0	50	Pegel nicht abgelesen, keine Eisablation seit 13.09.
LGF20a/09	298	87	0	31	
LGF20a/17		20	0	54	
LGF20b/15	544	131	0	31	
LGF20b/17		141	0		
LGF21/15			0	35	Pegel nicht abgelesen, keine Eisablation seit 13.09.
LGF22/11			0	42	Pegel nicht abgelesen, keine Eisablation seit 13.09.
LGF23/05			0	62	nicht gefunden
LGF24/05			0	59	
LGF25/11			0	70	Pegel nicht abgelesen, keine Eisablation seit 13.09.
LGF27/15			0	55	Pegel nicht abgelesen, keine Eisablation seit 13.09.
LGF28/17			0	29	
LGF29/09	472	269	0	47	
LGF29/17		23	0	55	neu gebohrt
LGF30/09			0	31	Pegel nicht abgelesen, keine Eisablation seit 13.09.
LGF31/09			0	54	Pegel nicht abgelesen, keine Eisablation seit 13.09.
LGF32/17			0	20	Pegel nicht abgelesen, keine Eisablation seit 13.09.
LGF33/09			0	47	Pegel nicht abgelesen, keine Eisablation seit 13.09.
LGF34/11			0	30	Pegel nicht abgelesen, keine Eisablation seit 13.09.
LGF35/17			0	51	Pegel nicht abgelesen, keine Eisablation seit 13.09.

**Tab.15:** Pegelprotokoll vom 26 und 27. September 2017.

## 6.4 Der Schneeschacht vom 27.09.2017

Schacht SS1/17: Stephan Galos & Studenten, 27.09.2017							
GPS (WGS84, 32T)	RW: 623278	HW: 5147465	Alt: 3105	Messpunkt bei Pegel 29/17			
Tiefe [cm]	r= [m]	l= [m]	V= [m <sup>3</sup> ]				
59	0,0285	0,211	0,00053842				
Abstich	Füll_korr [m]	Füllhöhe [m]	m [g]	offset [g]	m_korr [g]	rho [kg/m <sup>3</sup> ]	ww [kg/m <sup>2</sup> ]
1	0	0,211	702	555	147	273	58
2	0	0,211	735	555	180	334	71
3	-0,045	0,166	715	555	160	378	63
<b>Summe:</b>	<b>-0,045</b>	<b>0,588</b>	<b>2152</b>	<b>1665</b>	<b>487</b>	<b>325</b>	<b>191</b>

**Tab.16:** Der Schneeschacht bei Pegel 29 im Rahmen der Messungen zur Jahresbilanz am 27. September 2017.

## 7 Literatur

- Cogley, J. G., Hock, R., Rasmussen, L. A., Arendt, A. A., Bauder, A., Braithwaite, R. J., Jansson, P., Kaser, G., Möller, M., Nicholson, L., and Zemp, M.: Glossary of Glacier Mass Balance and Related Terms, IHP-VII Technical Documents in Hydrology No. 86, IACS Contribution No. 2, UNESCO-IHP, Paris, 2011.
- Galos, S.P., Klug, C., Prinz, R., Rieg, L., Sailer, R., Dinale, R., and Kaser, G.(2015): Recent glacier changes and related contribution potential to river discharge in the Vinschgau / Val Venosta, Italian Alps, *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 38, 143–154, doi:10.4461/GFDQ.2015.38.13.
- Galos, S. P., Klug, C., Maussion, F., Covi, F., Nicholson, L., Rieg, L., Gurgiser, W., Mölg, T., and Kaser, G.: Reanalysis of a 10-year record (2004–2013) of seasonal mass balances at Langenferner/Vedretta Lunga, Ortler Alps, Italy, *The Cryosphere*, 11, 1417-1439, <https://doi.org/10.5194/tc-11-1417-2017>, 2017.
- Hoinkes, H. (1970): Methoden und Möglichkeiten von Massenhaushaltsstudien auf Gletschern. Ergebnisse der Messreihe Hintereisferner (Ötztaler Alpen) 1953-1968, *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 6 (1-2), 37–90.