

LANGENFERNER

MASSENHAUSHALTSSTUDIEN

Abschlussbericht über das Haushaltsjahr 2015/16



Gletschertor an der Zunge des Langenferners am 03. August 2016. (M. Ehrler)

LANGENFERNER

MASSENHAUSHALTSSTUDIEN

Abschlussbericht über das Haushaltsjahr 2015/16

Koordination der Feldarbeiten, Auswertungen und Bericht:
Mag. Stephan P. Galos & M.Sc. Federico Covi
E-mail: stephan.galos@uibk.ac.at
Tel.: (+43) 0512/507 54425

Projektleitung: Univ. Prof. Dr. Georg Kaser
Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck
Tel.: (+43) 0512/507 54457
E-mail: georg.kaser@uibk.ac.at

Innsbruck, im Dezember 2016

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 km² 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 2015/16 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 18. Mai 2016 vier Schächte zur Bestimmung der Schneedichte angelegt und 101 Schneehöhensondierungen durchgeführt. Die Auswertungen zur Jahresbilanz basieren auf Messungen an 25 Ablationspegeln und fünf Schneeschächten zur Bestimmung der Akkumulation am Gletscher. Die entsprechenden Messungen wurden am 04. Oktober 2016 durchgeführt.

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

Die Analysen zeigen eine leicht unterdurchschnittliche **Winterbilanz von +951 kg/m²**, welche das Resultat eines vor allem in der ersten Hälfte trockenen und sehr milden Winters ist. Nach einem eher feuchten Frühjahr und einer in Bezug auf die Temperatur durchschnittlichen ersten Sommerhälfte mit einigen kleineren Neuschneefällen am Gletscher, sorgte eine Hitzewelle Ende August bis Mitte September noch für eine abermals stark negative mittlere spezifische **Jahresbilanz von -1010 kg/m²**. Obwohl im oberen Gletscherbereich etwas Firn den Sommer überdauern konnte, waren die Massenverluste in den unteren Regionen des Gletschers besonders stark. Bestehende Felsinseln vergrößerten sich deutlich und im orographisch linken Teil der Steilstufe welche die Zunge vom Hauptgletscher trennt, trat eine neue Felsinsel zu Tage.

Die Akkumulationsfläche am Ende des Haushaltsjahres 2015/16 machte rund 11% 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 km² 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.

For the hydrological year 2015/16 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 18th, 2016 performing 101 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 25 ablation stakes and five snow pits carried out on October 4th, 2016.

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

Results show a lower than average **winter balance of +951 kg/m²**, which was a consequence of a winter which was dry and very mild, especially in its first half. After a rather wet period in spring and early summer which led to a series of smaller snow-falls at Langenferner, a sustained hot spell lasting from the end of August to mid of September led to strong mass losses and hence a clearly negative mean specific **annual mass balance of -1010 kg/m²**.

Although some firn of the last winter could sustain in north-exposed areas of the upper glacier part, mass losses in the lower glacier sections were very strong. This led to an increase in area of existing rock outcrops and to the appearance of a new rock patch at the orographic left part of the steep zone (former ice fall) separating the tongue from the central glacier part.

The accumulation area at the end of the hydrological year amounted to a fraction of 11% of the total glacier area while 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 km² 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 2015/16 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 18 maggio 2016, i dati raccolti sono frutto di 101 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 25 paline ablatometriche e cinque profili di densità del manto nevoso, effettuati il 4 ottobre 2015.

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 +951 kg/m²**, inferiore rispetto alla media, conseguenza di un inverno secco e molto mite, particolarmente nella prima metà. Successivamente a un periodo umido durante la primavera e l'inizio dell'estate, che ha portato un serie di piccole nevicate, una prolungata ondata di caldo tra la fine agosto e la prima metà di settembre ha permesso una forte ablazione con un **bilancio di massa annuale di -1010 kg/m²**.

Nonostante la presenza di firn dell'inverno precedente in alcune aree della parte superiore del ghiacciaio, la perdita di massa nella parte inferiore è stata fortemente negativa. Conseguentemente vi è stato un incremento dell'area degli speroni di roccia esistenti e l'apparizione di una nuova porzione di roccia alla sinistra orografica del ripido pendio (precedentemente cascata di ghiaccio) che separa la lingua dalla parte centrale del ghiaccio.

L'area di accumulazione alla fine del periodo di studio ammontava al 11 % della superficie totale del ghiacciaio e l'altitudine media di equilibrio (ELA) si trovava ad una quota maggiore delle area più elevate della Vedretta Lunga.

LANGENFERNER

MASSENHAUSHALTSSTUDIEN

Abschlussbericht über das Haushaltsjahr 2015/16

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 2015/16.....	7
3.2 Die Winterbilanz 2015/16.....	8
3.3 Die Jahresbilanz 2015/16.....	13

4 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	18
5 Dokumentation der Feldarbeiten 2015/16.....	20
5.1 Messungen zur Winterbilanz am 18.5.2016.....	21
5.2 Erste Sommerbegehung am 02. und 03.08.2016.....	27
5.3 Zweite Sommerbegehung (Abschlussbegehung) am 04.10.2016.....	32
6 Tabellen und Messwerte.....	37
6.1 Die Schächte zur Winterbilanz 2015/16.....	37
6.2 Sondierungen zur Winterbilanz 2015/16.....	39
6.3 Protokolle der Pegelablesungen im Haushaltsjahr 2015/16.....	41
6.4 Die Akkumulationsschächte vom 04.10.2015/16.....	43
7 Literatur.....	45

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 km². 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 km³ 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 2016) hat der Gletscher allerdings mehr als zehn 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

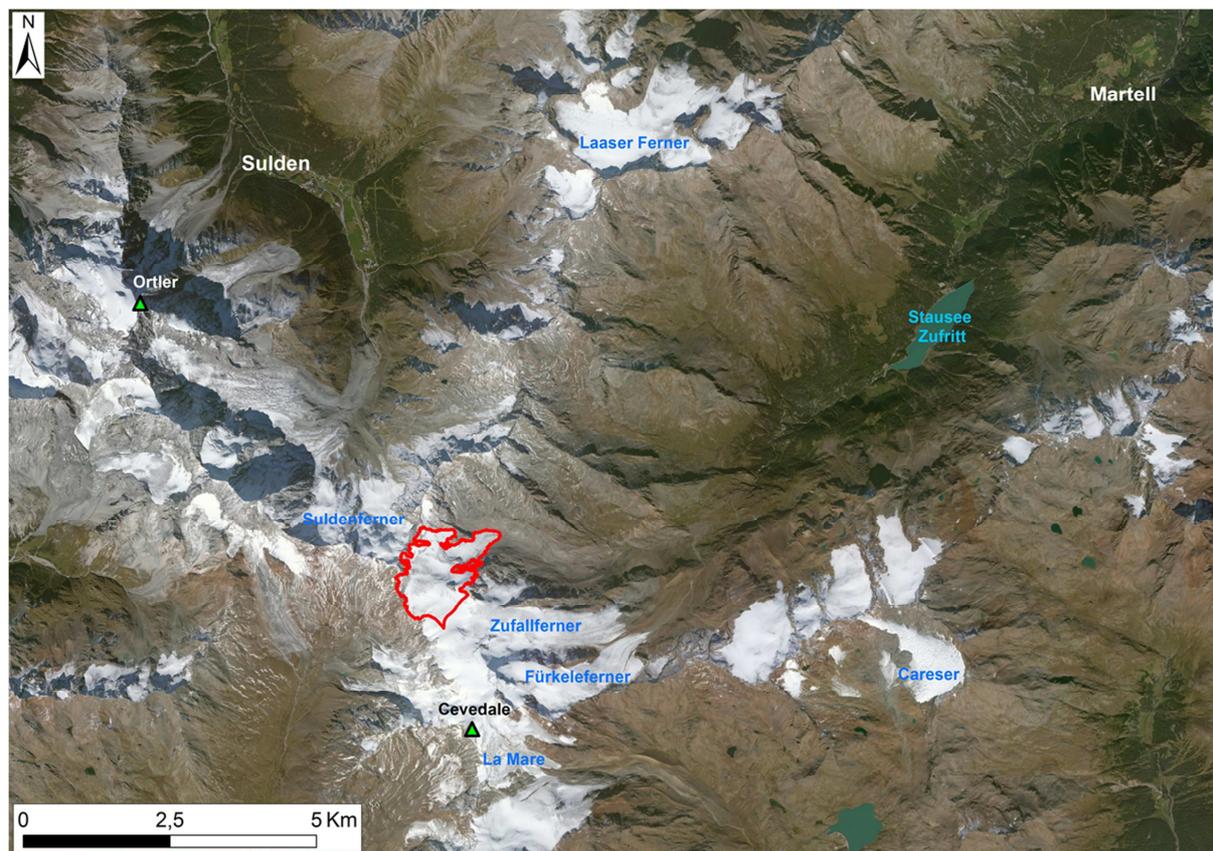


Abb.1: Übersichtskarte zur Lage des Untersuchungsgebietes. Rot umrandet der Langenferner. (Eigene Bearbeitung des Orthophoto 2012, Bing Imagery).

von rund 500 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 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 $-3,5 \text{ °C}$ auf einer Höhe von 3000 m. Der wärmste Monat ist auf dieser Höhe mit einer durchschnittlichen Temperatur von etwa $+4,7 \text{ °C}$ (ebenfalls bezogen auf die Periode 2004 bis 2013) der Juli, der kälteste Monat ist der Februar mit einer Durchschnitts-temperatur von etwa $-11,8 \text{ °C}$. Der mittlere Temperaturgradient zwischen den beiden genannten Stationen beträgt rund $-0,76 \text{ °C/100 m}$.

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 eing Bohrten 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 Schneedecke 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. 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 dreizehn 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 ist aktuell in Arbeit (vergleiche Abb. 4). Die vorliegende Winterbilanz 2015/16 wurde nach der Fixed-Date Methode erstellt.

Das Datum der jeweiligen Messungen (sowohl für die Winter-, als auch für die Jahresbilanz) entspricht meist nicht exakt dem Ende des natürlichen Massenhaushalts(halb-)Jahres, also der Periode zwischen den absoluten Massenminima zweier aufeinanderfolgender Jahre (bzw. der Periode zwischen Massenminimum und Massenmaximum für das Winterhalbjahr). Auf eine diesbezügliche Korrektur der Ergebnisse wird weitgehend 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 Unterschiede zwischen hydrologischem und natürlichem Haushaltsjahr.

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 18. Mai. Dank der Unterstützung durch einen Hubschrauberflug, konnten die Arbeiten wie üblich an einem Tag abgeschlossen werden (siehe Begehungsprotokoll in Kapitel 5.1). Die Schachtpositionen blieben im Vergleich zum Vorjahr unverändert (Abb. 2). Neben den Schneeschächten wurden wie üblich zahlreiche (101) Sondierungen zur Bestimmung der Schneehöhe und deren Verteilung, 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 bis 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 2015/16 beschränkten sich die Akkumulationsflächen auf die Mulden im oberen Gletscherbereich, sowie die Steilmulde zwischen Pegel 17 und 21. Unterhalb des Gletscherbruches der die Zunge vom Mittelteil des Gletschers trennt, konnte heuer kein Winterschnee überdauern. Heuer wurden keine Sondierungen zur Bestimmung der räumlichen Schneedeckenverteilung durchgeführt, jedoch wurden bei der Abschlussbegehung am 04. Oktober 2016 fünf Schneeschächte zur Bestimmung der Bilanz im Akkumulationsgebiet des Jahres 2015/16 angelegt, wobei nur an zwei Punkten ein Dichteabstich vorgenommen wurde. An den drei anderen Messpunkten wurde die Mächtigkeit der Rücklagen unter dem Neuschnee gemessen um in Kombination mit den Dichteinformationen aus den anderen beiden Schächten eine Bestimmung der Massenbilanz zu ermöglichen. Leider lagen im Haushaltsjahr 2015/16 kaum Informationen zum Verlauf der Ausaperung und zur genauen Lage der Firnlinie zum Zeitpunkt der maximalen Ausaperung vor und

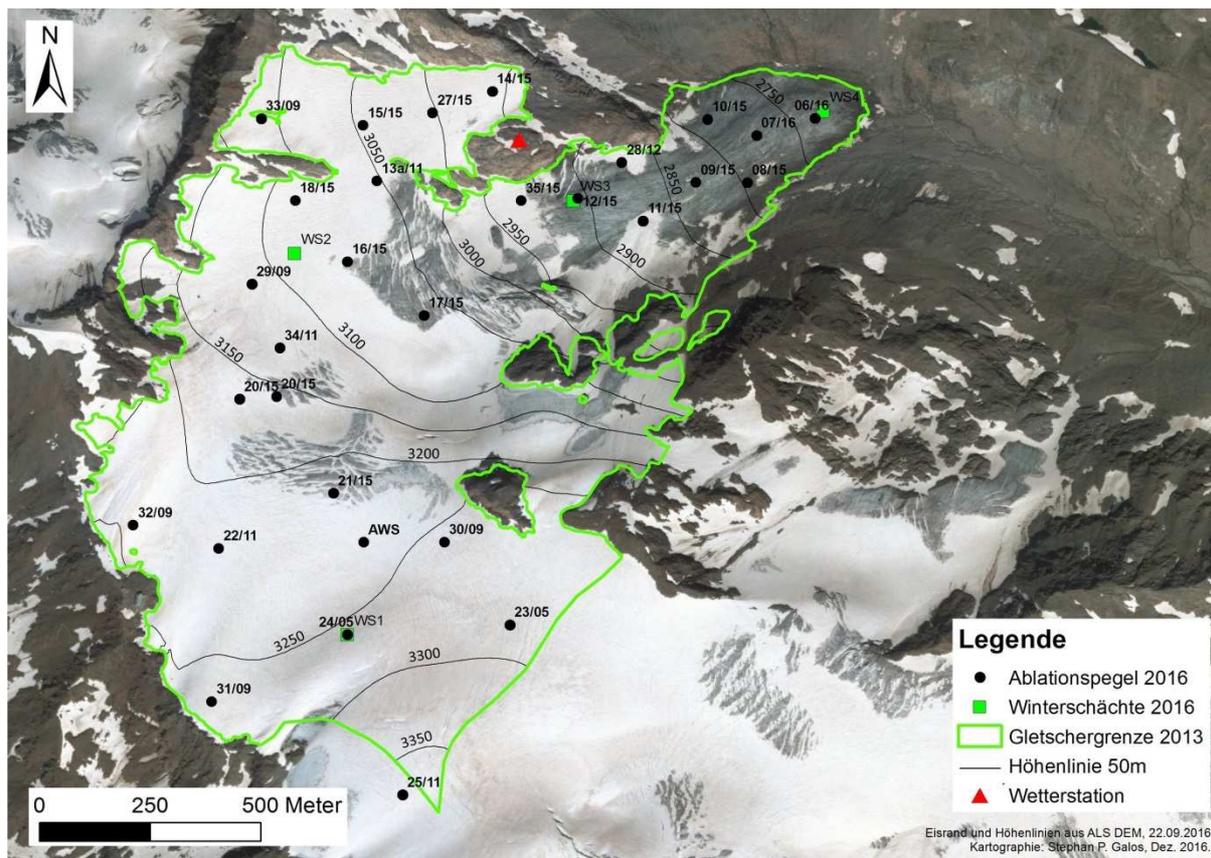


Abb.2: Das Messnetz und die Lage der Wetterstation am Langenferner auf dem Orthophoto 2011 von „Bing Imagery“.

somit stellt die Lage der Gleichgewichtslinie (vgl. Abb. 5) daher nur eine grobe Schätzung dar. In den unzugänglichen Hängen im steilen Gletscherbereich nordwestlich der „Drei Kanonen“ konnten auch heuer keine direkten Messungen durchgeführt werden. Eine grobe Quantifizierung der Massenänderung war aber über den Vergleich von Fotos aus den Haushaltsjahren 2014/15 und 2015/16 möglich.

2.2.2 Ablationsmessungen

Zu Beginn des Haushaltsjahres 2015/16 umfasste das Pegelnetz am Langenferner 29 operationelle 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. Das aktuelle Pegelnetz und dessen flächenhafte Verteilung über den Gletscher sind in Abbildung 2 dargestellt.

Bei der Begehung am 03. August 2016 wurden nur die Pegel 6 und 7 an der untersten Zunge nachgebohrt. Pegel 6 ist mittlerweile akut vom rasanten Gletscherrückzug bedroht und wurde gegenüber der ursprünglichen Position um etwa 30 m gletscheraufwärts versetzt. Der Pegel wird wohl im Laufe des nächsten Haushaltsjahres aufgegeben werden müssen. Ansonsten wurden im Haushaltsjahr 2015/16 keine Modifikationen des Messnetzwerkes durchgeführt.

Bei der Abschlussbegehung für das Haushaltsjahr 2015/16 am 04. Oktober wurden alle Pegel aufgesucht. Die Pegel 23, 30, 31 und 33 konnten wie schon im Vorjahr nicht aufgefunden werden. Mit Ausnahme von Pegel 23, an dem die Massenbilanz mittels Schneeschart bestimmt wurde, wiesen alle zuvor genannten Pegel eine negative Jahresbilanz auf, die Werte konnten aber aufgrund der geringen Anzahl an Sommerbegehungen und fehlenden Informationen zum Zeitpunkt der Auswertung nicht rekonstruiert werden.

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 kg/m² 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 2015/16 bildet ein hochaufgelöstes Geländemodell (1 x 1 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. (submitted).

3 Analysen und Ergebnisse

3.1 Der Witterungsverlauf im hydrologischen Haushaltsjahr 2015/16

Bei der Abschlussbegehung zum Haushaltsjahr 2014/15 am 28. und 29. September 2015 war der Langenferner abgesehen von den Spaltenzonen mit einer Schneeschicht von etwa 10 bis 50 cm bedeckt. Diese schmolz aufgrund der relativ kühlen Witterung und wiederholter Neuschneefälle Anfang Oktober 2015 auch in den untersten Regionen nicht mehr ab. Somit war nach der Abschlussbegehung 2015 keine Eisablation am Langenferner mehr zu verzeichnen. Nach einem (bezogen sowohl auf Temperatur als auch auf Niederschlag) durchschnittlichen Oktober mit einigen Schneefällen in der ersten Monatshälfte folgten mit November und Dezember 2015 zwei extrem trockene und im Gebirge weit überdurchschnittlich warme Monate. An vielen Wetterstationen in Südtirol wurde in beiden Monaten kein messbarer Niederschlag verzeichnet. Die ausgeprägte und sehr beständige Hochdrucklage führte zur Inversionsbildung und somit zu relativ kühlen Temperaturen in den Tälern, während an vielen Bergstationen Temperaturrekorde purzelten. Der Jänner 2016 brachte schon zu Beginn etwas Neuschnee. Weitere nennenswerte Niederschläge folgten zwischen dem 9. und 12. des leicht zu feuchten aber durchschnittlich temperierten Monats. Der wieder deutlich zu milde Februar setzte den feuchten Trend fort. Ergiebige Niederschläge waren vor allem am 7. und 9. des Monats zu verzeichnen. Auch der März brachte vor allem zu Monatsbeginn weiteren Neuschneezuwachs. Die Temperaturen des ebenfalls feuchten Monats lagen im Bereich des klimatologischen Mittels. Nach einer massiven Südströmung mit starkem Eintrag von Saharastaub in den ersten Apriltagen folgten mehrere ergiebige Neuschneefälle welche die Winterakkumulation am Langenferner noch in die Nähe des langjährigen Mittels brachten.

Die Akkumulationsperiode war insgesamt wieder deutlich zu mild, wobei die sehr niederschlagsarme erste Hälfte zumindest im Gebirge erneut für einen der mildesten Winter seit Beginn der Aufzeichnungen sorgte. In der feuchten zweiten Hälfte des hydrologischen Winters lagen die Temperaturen weniger weit über dem langjährigen Mittel und mit den starken Niederschlägen im April wurde eine nahezu durchschnittliche Winterbilanz erreicht.

Das hydrologische Sommerhalbjahr begann mit einem eher gletscherfreundlichen Mai. Der Monat war etwas zu kühl und im Untersuchungsgebiet lagen die Niederschlagsmengen leicht über dem Durchschnitt. Anhaltende Ablationsperioden waren in diesem Monat noch nicht zu verzeichnen. Im durchschnittlich temperierten Juni setzte sich die feuchte Witterung fort. Obwohl die zweite Monatshälfte eher zu mild war, blieben Hitzetage die Ausnahme. Auch im Juli lagen die Temperaturen im Bereich des klimatologischen Mittels oder leicht darüber. Nach einem warmen Monatsbeginn brachte gegen Monatsmitte eine Kaltfront Abkühlung und etwas Neuschnee in den

oberen Gletscherbereichen. Insgesamt war auch der Juli zu feucht und längere Hitzeperioden blieben aus. Trotzdem setzte das oft schwül-warme Wetter den Gletschern bereits zu. Der ebenfalls zu feuchte August verlief in seiner ersten Hälfte eher gletscherfreundlich, allerdings blieben nennenswerte Neuschneefälle auf den Gletschern trotz mehrerer Niederschlagsereignisse (bei meist sehr hoher Schneefallgrenze) aus und so sorgte die Hitzewelle im letzten Drittel des Monats noch für große Schmelzbeträge. Die Hitze setzte sich auch in der ersten Hälfte des deutlich zu trockenen und weit überdurchschnittlich warmen Septembers fort. Die damit einhergehenden, für die Jahreszeit unüblichen, großen Massenverluste führten doch noch zu einer stark negativen Jahresbilanz 2015/16 am Langenferner. Die maximale Ausaperung wurde am 14 oder 15. September erreicht. Erst eine Kaltfront mit Neuschnee um die Monatsmitte beendete das natürliche Haushaltsjahr in den oberen und mittleren Gletscherteilen. Bei der Abschlussbegehung am 04. Oktober war der Langenferner zum allergrößten Teil mit Schnee bedeckt, nur die untersten 100 Höhenmeter weisen einige kleinere aperere Stellen auf. Eine sehr kühle erste Oktoberhälfte 2016 mit etwas Neuschnee beendete das natürliche Haushaltsjahr 2015/16 auch für die untersten Gletscherbereiche endgültig.

3.2 Die Winterbilanz 2015/16

Die sogenannte Winterbilanz - zur Ermittlung des Wasserwertes der Winterschneedecke auf einem Gletscher und deren flächenhafter Verteilung - wird über das hydrologische Winterhalbjahr vom 1. Oktober bis zum 30. April des Folgejahres bestimmt. Die Dauer der natürlichen Akkumulationsperiode hängt von der jeweiligen Position am Gletscher ab und reicht jeweils vom ersten Ansammeln festen Niederschlages irgendwann im Spätsommer oder Herbst, bis zum Erreichen des Akkumulationsmaximums im darauf folgenden Frühjahr. Der Übergang von Akkumulation zu Ablation ist im Frühling in den einzelnen Höhenstufen sehr unterschiedlich und teils schwierig zu bestimmen.

Der Zeitpunkt der Messung der Winterbilanz am Langenferner wird in Abhängigkeit von der Wetter- und Lawinensituation festgelegt und heuer konnten die entsprechenden Messungen am 18.05.2016 durchgeführt werden. Dabei wurden zur Messung der Schneedichte vier Schächte, gleichmäßig über die Höhererstreckung des Gletschers verteilt, angelegt. Zur Analyse des Wasseräquivalents der Schneedecke und deren räumlicher Verteilung, wurden die Werte aus 101 Schneehöhensondierungen mit den entsprechend extrapolierten mittleren Dichtewerten multipliziert. (Siehe Tab. 1, sowie 11a und 11b). Abweichungen der Messwerte gegenüber der Schneelage vom 30.04. wurden auf Basis der Schneedeckenstratigraphie an den Schächten und an

weiteren Messpunkten am Gletscher vorgenommen. Der Größenordnung der entsprechenden Korrektur beträgt im Flächenmittel etwa 65 kg/m².

Die mittlere spezifische Winterbilanz am Langenferner im Winterhalbjahr 2015/16 nach fixem Datum (1. Oktober 2015 bis 30. April 2016) beträgt: **b_w = +951 kg/m²**

Die leicht unterdurchschnittliche Winterbilanz ist ein Resultat des milden, und in der ersten Hälfte Hälfte ungewöhnlich trockenen Winterhalbjahres. Ergiebige Niederschläge waren hauptsächlich in der zweiten Hälfte des hydrologischen Winterhalbjahres zu verzeichnen. Für etwa ein Viertel der Winterakkumulation 2015/16 am Langenferner zeichnet der April 2016 verantwortlich.

Schacht	X UTM	Y UTM	Höhe [m.a.s.l.]	Tiefe [m]	rho [kg/m ³]	c_ba_14/15 [kg/m ²]	c_bs_16 [kg/m ²]	bw_15/16 [kg/m ²]
1	623511	5146677	3263	3,38	362	73	68	1083
2	623392	5147548	3083	2,82	386	55	88	945
3	624023	5147669	2902	2,42	375	66	72	770
4	624578	5147866	2730	2,49	423	30	55	968

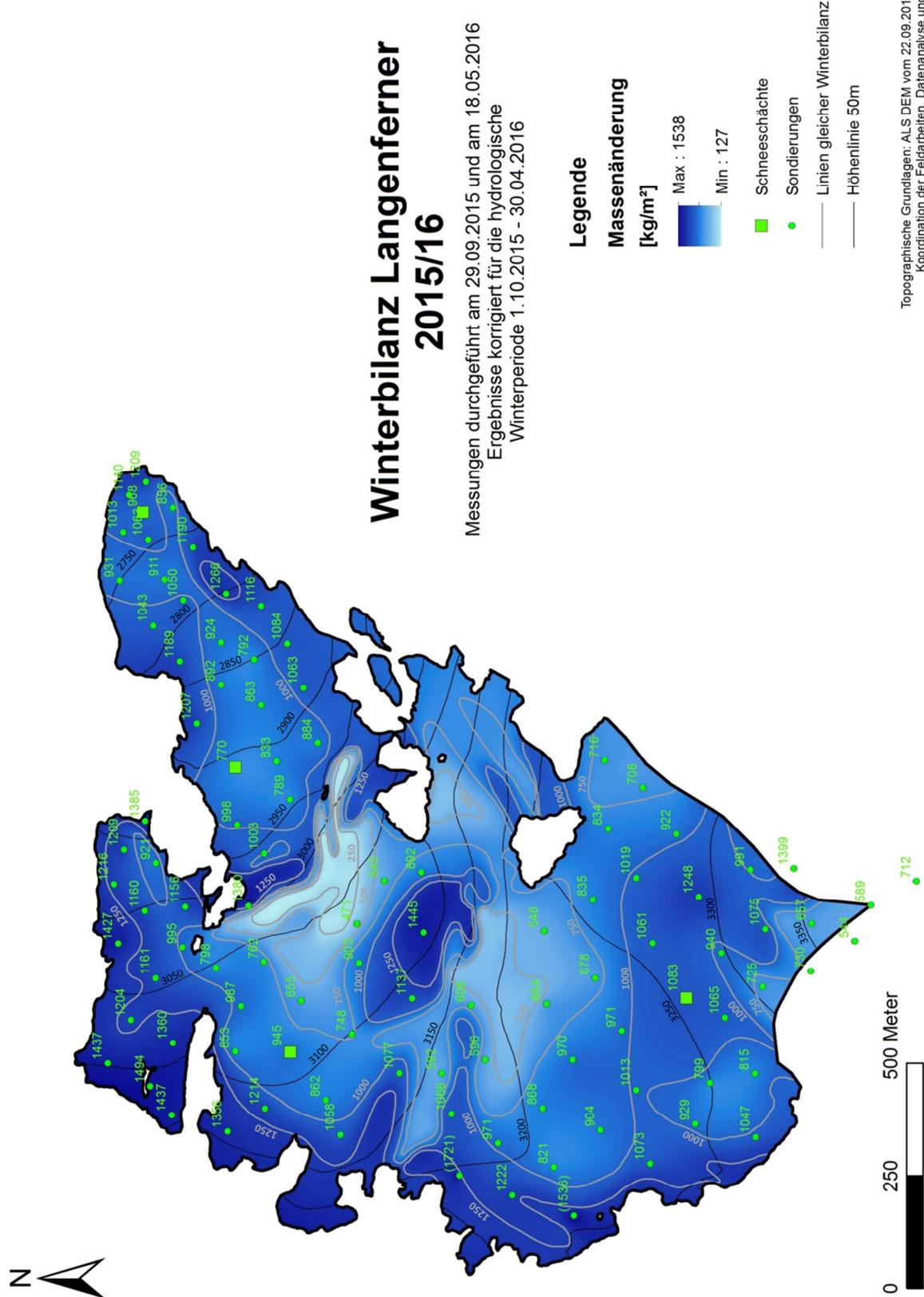
Tab. 1: Koordinaten, Seehöhe, Tiefe, mittlere Dichte, Korrektur für Schnee aus dem Haushaltsjahr 2014/15, Korrektur für Schnee seit 01.05.2016 und korrigierter Winterbilanzwert für das fixe Datum der Schächte am Langenferner vom 18.05.2016.

3.2.1 Korrekturen und Ungenauigkeiten bei der Erstellung der Winterbilanz 2015/16

Die Massenrücklage von 2014/15 wurde bei der Erstellung der Winterbilanz insofern berücksichtigt, als, dass die Schneelage vom 30.09.2015 auf dem Gletscher von der Schneedecke am 18.05.2016 abgezogen wurde. Dies geschah bereits bei der Auswertung der Punktmessungen (siehe z.B. Tab. 11a und 11b, Spalte 13), denen jeweils ein bestimmter Wasserwert der Herbstschneedecke 30.09.2015 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 (18.05.) gebildet hatten. Dies basierte auf stratigraphischen Beobachtungen an den Schächten und an einigen weiteren Messpunkten am Gletscher.

Messungenauigkeiten ergeben sich wie immer hauptsächlich 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.



Topographische Grundlagen: ALS DEM vom 22.09.2013
Koordination der Feldarbeiten, Datenanalyse und
Kartographie: Stephan P. Galos, Dez. 2016

Abb.3: Die räumliche Verteilung der Winterbilanz 2015/16 am Langenferner.

Aufgrund der stark negativen Bilanz des Vorjahres traten beim Sondieren der Schneehöhe kaum Ungereimtheiten auf. Zwei Sondierungen mit unrealistisch hohen Schneewerten im westlichen Gletscherbereich wurden bei den Auswertungen nicht explizit berücksichtigt (Werte in Klammern in Abb. 3).

Am Ende des Haushaltsjahres 2014/15 war der Gletscher schneebedeckt und auch die untersten Regionen der Zunge sind in den Wochen nach der Abschlussbegehung 2015 nicht mehr schneefrei geworden. Daher spielt die Ablation von Eis zu Beginn der hydrologischen Winterperiode für die Winterbilanz 2015/16 keine Rolle. 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 2015/16 mit großer Wahrscheinlichkeit im Bereich von +/- 50 kg/m² bewegen. Größte mögliche Fehlerquellen sind dabei die möglicherweise falsche stratigraphische Interpretation der Schneedecke was die Menge des Schnees seit Anfang Mai betrifft und die seit 2013 nicht mehr angepassten topographischen Grundlagen der Auswertungen.

3.2.2 Allgemeine Anmerkungen zur Winterbilanz 2015/16

Die Verteilung der Schneedecke im Frühjahr 2016 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 Casatihütte und Eisseepass, oder die geringen Schneehöhen in den Regionen um Pegel 21 oder nordöstlich von Pegel 17 zu Tage.

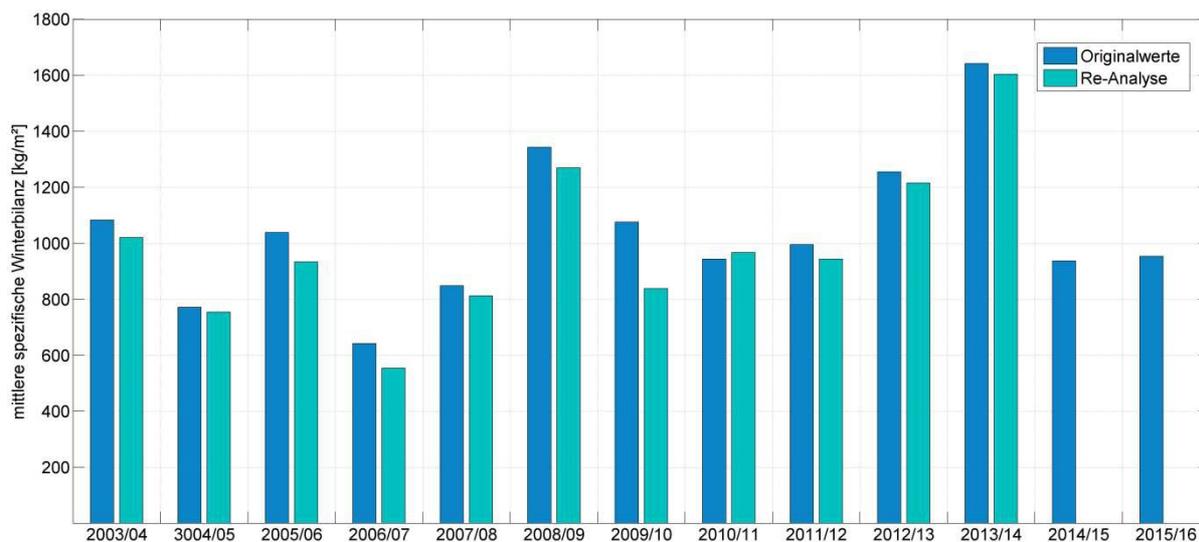


Abb.4: Die gemessenen Winterbilanzen am Langenferner seit 2003/04. In Blau die originalen Werte, in Türkis die Ergebnisse einer Re-Analyse der Datenreihe. Die Re-Analyse beinhaltet eine Homogenisierung der Datenreihe bezüglich der flächenhaften Extrapolation der Messwerte, die Anpassung der Gletscherfläche durch die Verwendung von Orthophotos und Laserscans, die Korrektur der Bilanzwerte auf die „fixed-date“-Periode (1.10.-30.04.), sowie die Miteinbeziehung von Eisablation im hydrologischen Winter. Für die Jahre 2014/15 und 2015/16 liegt keine Re-Analyse vor, die entsprechenden Änderungen würden aber sehr gering ausfallen.

Höhenstufe [m.a.s.l.]	Fläche [m ²]	B [m ³ w.e.]	b _w [kg/m ²]
2700 - 2750	31393	32275	1028
2750 - 2800	51157	54537	1066
2800 - 2850	43384	45391	1046
2850 - 2900	62923	61719	981
2900 - 2950	71049	67783	954
2950 - 3000	71142	74632	1049
3000 - 3050	99591	82158	825
3050 - 3100	213098	195438	917
3100 - 3150	177433	183416	1034
3150 - 3200	160672	134692	838
3200 - 3250	316783	299015	944
3250 - 3300	235415	229973	977
3300 - 3350	56502	53655	950
3350 - 3400	9139	5949	651
Gesamt	1599681	1520631	951

Tab.2: Die Winterbilanz am Langenferner vom 01.10.2015 - 30.04.2016. Fläche, Massenbilanz (B) und spezifische Massenbilanz (b) in ihrer Verteilung nach Höhenstufen.

3.3 Die Jahresbilanz 2015/16

Der Berechnung der Jahresbilanz über das hydrologische Haushaltsjahr vom 1. Oktober 2015 bis zum 30. September 2016 liegen Daten aus drei Feldkampagnen zu Grunde. Neben der Frühjahrsbegehung am 18. Mai 2016 wurden zwei Begehungen während des Sommers durchgeführt.

Zur Erstellung der Jahresbilanz 2015/16 standen Bilanzdaten von 30 Messpunkten verteilt über die Gletscherfläche zur Verfügung (siehe Abb. 5). Davon 25 im Ablationsgebiet (Pegel) und fünf im Akkumulationsgebiet (Schächte an den Pegeln 23 und 24, sowie an drei weiteren Punkten). Als zusätzliche Hilfe bei der räumlichen Extrapolation der Messwerte wurden Fotos von der Feldkampagne am 03. August verwendet. Leider standen heuer, anders als in den Vorjahren, keine Luftbilder für die Auswertung der Massenbilanz zur Verfügung. Die Abschlussbegehung fand am 04. Oktober 2016 statt und liegt daher, wie am Langenferner üblich, sehr nahe am Ende des Haushaltsjahres. Die Massenänderungen seit dem 30. September sind gering, es wurden aber trotzdem betreffende Korrekturen durchgeführt.

Die mittlere spezifische Massenbilanz am Langenferner im hydrologischen Haushaltsjahr 2015/16 (1. Oktober 2015 bis 30. September 2016) beträgt: **b = -1010 kg/m²**

Die mittlere Höhe der Gleichgewichtslinie lag im Haushaltsjahr 2015/16 wieder über den höchsten Flächen des Langenfernens, das Akkumulationsflächenverhältnis betrug 0,11.

Die räumliche Verteilung der Massenbilanz 2015/16 am Langenferner, sowie die Positionen der Messpunkte können aus Abbildung 5 entnommen werden.

Höhenstufe [m a.s.l.]	Fläche [m ²]	B [m ³ w.e.]	b [kg/m ²]
2700 - 2750	31393	-122160	-3891
2750 - 2800	51157	-159674	-3121
2800 - 2850	43384	-121298	-2796
2850 - 2900	62923	-147935	-2351
2900 - 2950	71049	-126501	-1780
2950 - 3000	71142	-105227	-1479
3000 - 3050	99591	-161623	-1623
3050 - 3100	213098	-205620	-965
3100 - 3150	177433	-109003	-614
3150 - 3200	160672	-106751	-664
3200 - 3250	316783	-186424	-588
3250 - 3300	235415	-45421	-193
3300 - 3350	56502	-15566	-275
3350 - 3400	9139	-2071	-227
Gesamt	1599681	-1615274	-1010

Tab.3: Die Jahresbilanz am Langenferner vom 01.10.2015 - 30.09.2016. Fläche, Massenbilanz (B) und spezifische Massenbilanz (b) in ihrer Verteilung nach Höhenstufen.

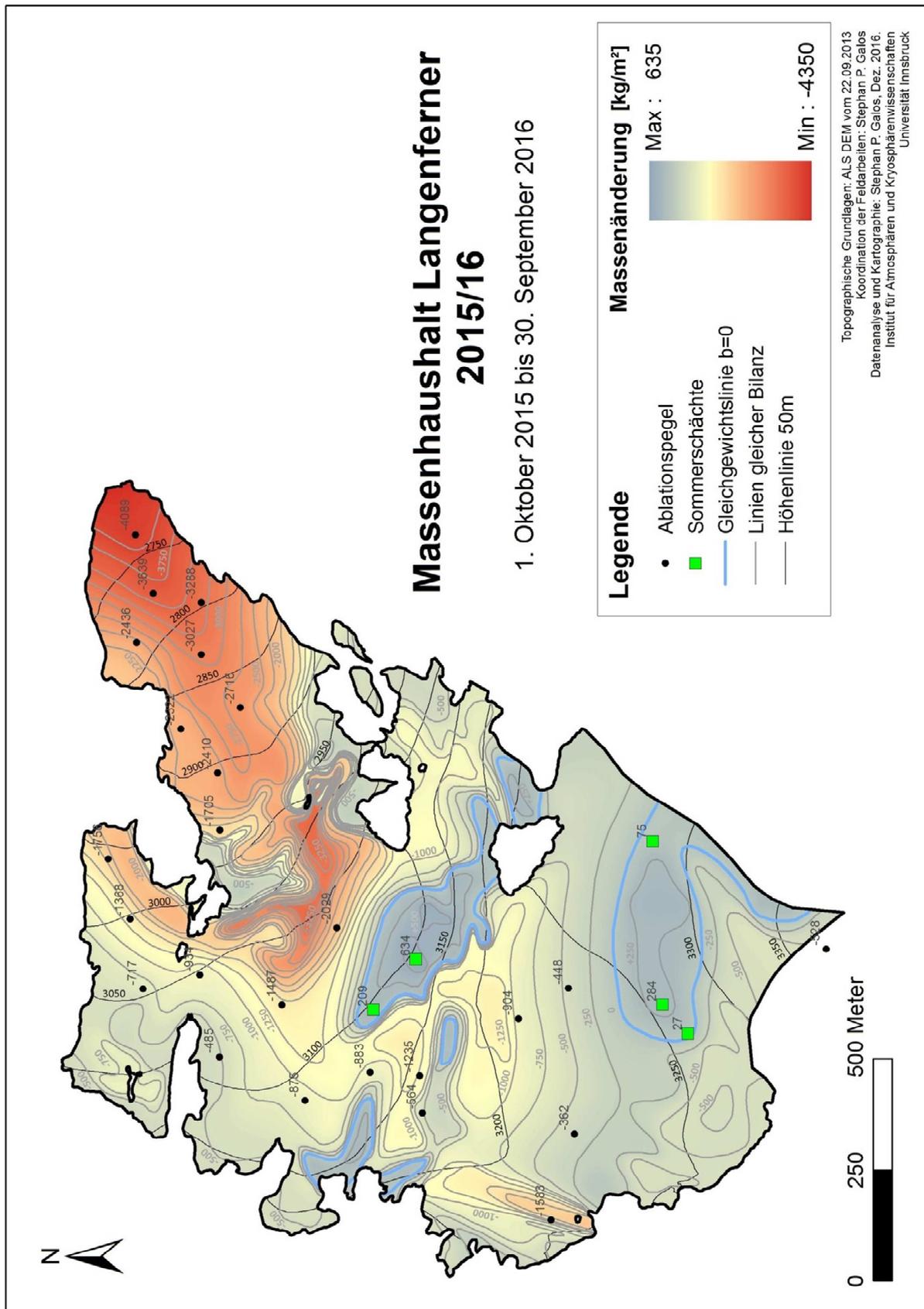


Abb.5: Die räumliche Verteilung der Jahresbilanz 2015/16 am Langenferner.

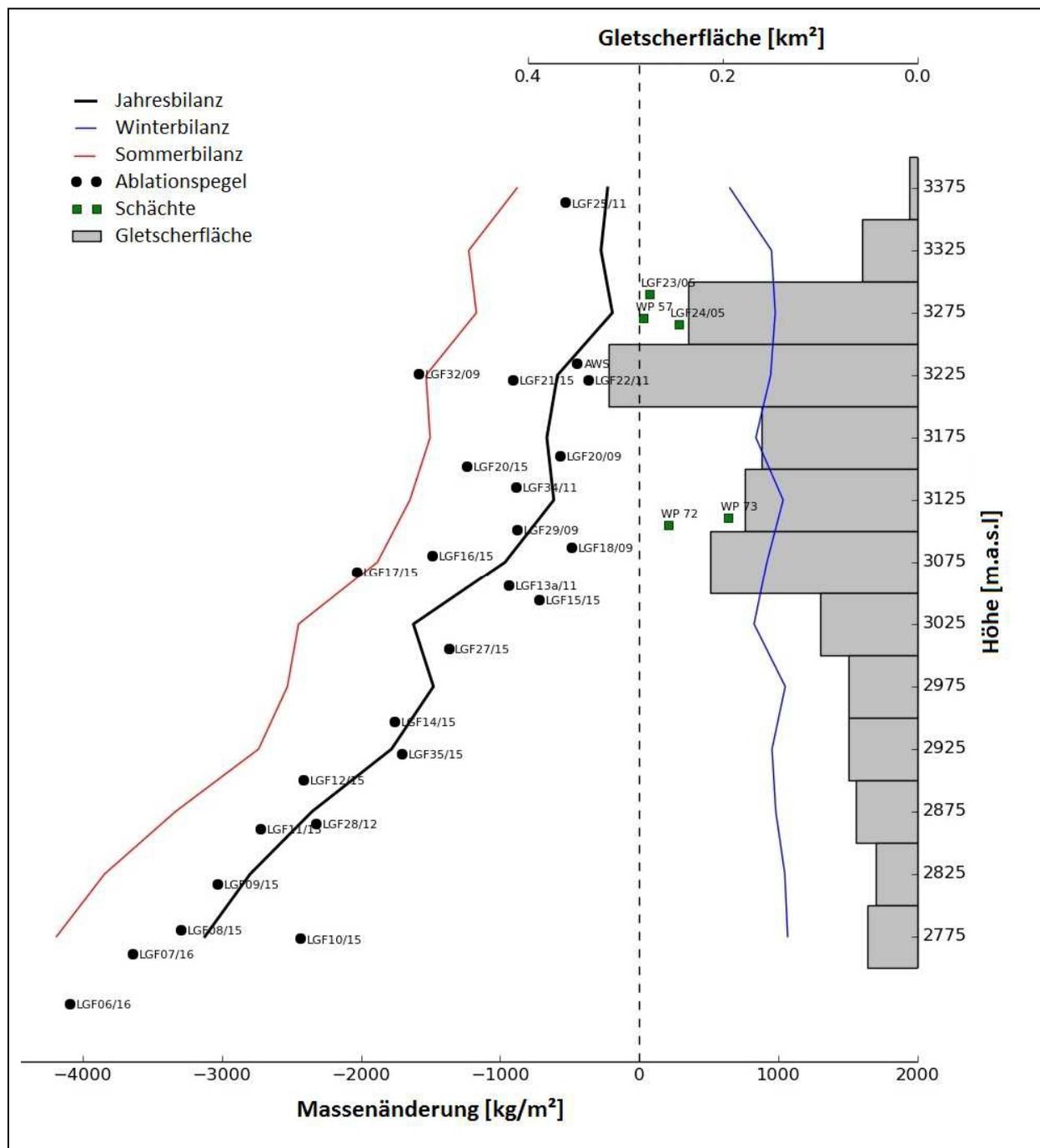


Abb.6: Das Höhenprofil der saisonalen Massenbilanzen 2015/16 am Langenferner mit den verwendeten Messpunkten für die Jahresbilanz. Die mittlere Höhe der Gleichgewichtslinie (definiert als erster Schnittpunkt des Bilanz-Höhenprofils mit der Null-Achse) befindet sich über den höchsten Regionen des Gletschers.

3.3.1 Korrekturen und Ungenauigkeiten bei der Erstellung der Jahresbilanz 2015/16

Die größten Ungenauigkeiten bei der Erstellung der Massenbilanz 2015/16 resultieren aus der seit 2013 nicht mehr angepassten Gletscherfläche, sowie der Tatsache, dass die Pegel 30, 31 und 33 nicht aufgefunden werden konnten. Eine weitere Rolle spielt die geringe Anzahl von Begehungen während des Sommers und die damit fehlenden Informationen zur genauen Abgrenzung der verbleibenden Akkumulationsflächen. Anders als in den Vorjahren ist die Gleichgewichtslinie des Haushaltsjahres 2015/16 (Abb. 5) somit nur eine grobe Abschätzung aus fünf Akkumulationsmesspunkten, Informationen zur Ausaperung vom 03. August 2016 und dem Witterungsverlauf im Spätsommer. Gleiches gilt folglich auch für das berechnete Akkumulationsflächenverhältnis.

Akkumulationsmessungen wurden im Haushaltsjahr 2015/16 an fünf Positionen durchgeführt (Pegel 23, Punkt 24 und drei weiteren Punkten im oberen und mittleren Gletscherbereich (Abb. 5). Aufeis an der Grenzschicht zwischen Firn und Eis und interne Akkumulation in der Firnschicht aus den Vorjahren konnten in den Messungen nicht berücksichtigt werden. Insgesamt sollten sich die möglichen Fehler bezogen auf die Massenbilanz 2015/16 im Bereich von etwa +/- 100 kg/m² bewegen.

3.3.2 Allgemeine Anmerkungen zur Jahresbilanz 2015/16

Die Massenbilanz des Haushaltsjahres 2015/16 ist mit -1010 kg/m² wieder deutlich negativ. Sie ist das Ergebnis einer leicht unterdurchschnittlichen Winterbilanz und eines zweigeteilten Sommers mit wiederholten - wenn auch mäßig ergiebigen - Neuschneefällen in der ersten Hälfte, und einem Abschlussdrittel in dem die Temperaturen während einer Hitzewelle bis Mitte September weit über dem klimatologischen Mittel lagen. Während Anfang August noch größere Flächen des Gletschers mit Schneerücklagen bedeckt waren, sorgte der trockene und extrem heiße Spätsommer noch für eine deutlich negative Jahresbilanz. In den Höhenlagen über 3200 m.a.s.l. fielen die Massenverluste (im Vergleich mit anderen Jahren) moderat aus und in vielen günstig exponierten Mulden konnte auch Winterschnee den Sommer überdauern. Dagegen waren die Massenverluste in den unteren Gletscherbereichen sehr ausgeprägt. Zwar gab es im Sommer 2016 einige Neuschneefälle, die Niederschlagsmengen waren aber stets zu gering um die Massenbilanz nachhaltig zu beeinflussen. Während der Niederschlagsereignisse in der eher kühlen ersten Augushälfte sank die Schneefallgrenze jeweils erst gegen Ende des Niederschlagsereignisses in den Bereich um 3000 m ab.

Name	X utm	Y utm	Alt	a_eis 03.08.	a_eis 04.10.	Firn	S 14/15	S 15/16	rho 15/16	c 15/16	b 15/16
			[m.a.s.l.]	[kg/m ²]	[kg/m ²]	[cm]	[kg/m ²]	[cm]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ²]
LGF06/16	624570	5147857	2721	-1323	-4059	0	30	0	320	0	-4089
LGF07/16	624438	5147817	2761	-1305	-3600	0	39	0	320	0	-3639
LGF08/15	624417	5147709	2780		-3222	0	66	0	320	0	-3288
LGF09/15	624300	5147710	2817	-927	-2961	0	66	0	320	0	-3027
LGF10/15	624327	5147854	2773	-549	-2376	0	60	0	320	0	-2436
LGF11/15	624181	5147622	2861	-900	-2700	0	45	9	320	29	-2716
LGF12/15	624033	5147673	2900	-648	-2376	0	66	10	320	32	-2410
LGF13a/11	623578	5147713	3056	0	-918	0	77	19	320	61	-934
LGF14/15	623839	5147918	2947	0	-1719	0	54	5	350	18	-1756
LGF15/15	623547	5147840	3044	0	-684	0	88	17	320	54	-717
LGF16/15	623511	5147529	3080	-189	-1494	0	54	19	320	61	-1487
LGF17/15	623685	5147406	3067		-1971	0	80	7	320	22	-2029
LGF18/09	623393	5147669	3087	0	-477	0	65	19	300	57	-485
LGF20/09	623267	5147215	3160	0	-612	0	30	26	300	78	-564
LGF20/15	623351	5147221	3152		-1242	0	50	19	300	57	-1235
LGF21/15	623479	5147000	3221		-918	0	25	13	300	39	-904
LGF22/11	623220	5146875	3221	0	-333	0	74	15	300	45	-362
LGF23/05	623879	5146700	3290	0	0	34	143	17	283	48	75
LGF24/05	623511	5146678	3266	0	0	58	73	24	280	67	284
LGF25/11	623636	5146312	3363	0	-531	0	43	16	290	46	-528
LGF27/15	623704	5147869	3005	0	-1359	0	54	13	350	46	-1368
LGF28/12	624133	5147755	2865		-2295	0	33	2	320	6	-2322
LGF29/09	623295	5147478	3101	0	-900	0	6	10	310	31	-875
LGF32/09	623026	5146928	3226		-1602	0	0	6	320	19	-1583
LGF34/11	623358	5147332	3135		-900	0	43	20	300	60	-883
LGF35/15	623904	5147668	2921	-63	-1674	0	59	8	350	28	-1705
AWS	623548	5146888	3234	0	-414	0	93	20	295	59	-448
WP 57	623446	5146621	3271	0	0	12	75	15	280	42	27
WP 72	623500	5147325	3105	0	0	46	80	20	297	59	209
WP 73	623613	5147229	3111	0	0	130	90	25	297	74	634

Die Bilanzwerte beziehen sich bereits auf die Fixed Date Periode. Korrekturen für Schnee aus den ersten Oktobertagen 2016 wurden durchgeführt.

Ablationsprozesse in der Periode zwischen Referenzdatum und Messdatum sind vernachlässigbar (~0).

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

a_eis 03.08.	Eisablation seit 01.10.2015 in cm bis zum angegebenen Datum in 2016
a_eis 04.10.	Eisablation seit 01.10.2015 in cm bis zum angegebenen Datum in 2016
Firn	Dicke der Firnschicht in cm. Zur Berechnung des Wasserwertes wurde eine Dichte von 500 kg/m ³ herangezogen
S 14/15	Wasserwert der Schneedecke am Ende des letzten Haushaltsjahres (2014/15)
S 15/16	Höhe des (Neu-)Schnees aus dem Haushaltsjahr 2015/16 (Schnee aus den ersten Oktobertagen bereits abgezogen)
rho 15/16	Dichte der Schneeschicht S 15/16
c 15/16	Wasserwert der Schneedecke am Ende des Haushaltsjahres 2015/16
b 15/16	Spezifische Massenbilanz am Messpunkt über die Periode 01.10.2015 bis 30.09.2016.

Tab.4: Die Punktbilanzen an den 30 Messpunkten am Langenferner. Blau hinterlegt Akkumulationsmessungen (Schneesüchichte).

4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Für das hydrologische Haushaltsjahr 2015/16 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 18. Mai 2016, für die Jahresbilanz am 04. Oktober 2016 durchgeführt.

Ein eher trockener Winter mit leicht unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen im Südalpinen Raum führte am Langenferner zu einer ebenfalls leicht unterdurchschnittlichen **Winterbilanz** von **+951 kg/m²**.

Die relativ geringen Rücklagen aus dem Winter in Kombination mit einem feucht milden Früh- und Hochsommer, sowie einem trockenen und sehr heißen Spätsommer führten zu einer mit **-1010 kg/m²** abermals deutlich negativen Jahresbilanz. Die mittlere Höhe der Gleichgewichtslinie lag über den höchsten Flächen des Gletschers und das Akkumulationsflächenverhältnis betrug 0,11.

Abbildung 7 und Tabelle 5 liefern einen Überblick über die Bilanzwerte am Langenferner in den einzelnen Messjahren. In Tabelle 6 sind die wichtigsten glaziologischen Kennzahlen des Langenferners für das Haushaltsjahr 2015/16 aufgelistet.

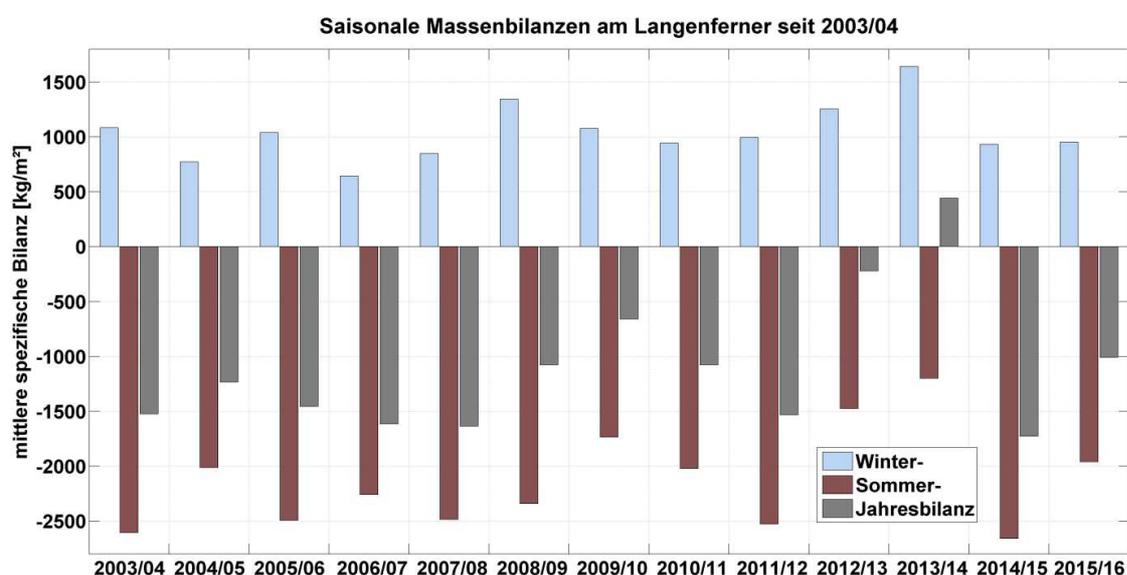


Abb.7: Die saisonalen Massenbilanzen am Langenferner seit dem Haushaltsjahr 2003/04.

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
Winter	1083	772	1039	642	849	1343	1076	944	995	1255	1642	932	951
Sommer	-2607	-2014	-2495	-2259	-2486	-2341	-1735	-2022	-2527	-1476	-1201	-2659	-1960
Netto	-1524	-1233	-1456	-1616	-1637	-998	-659	-1078	-1532	-221	441	-1727	-1010

Tab.5: Die Werte für die saisonalen, sowie für die Jahresmassenbilanzen am Langenferner in den dreizehn Jahren seit Beginn der Messungen im Haushaltsjahr 2003/04.

Langenferner Bilanzjahr 2015/16							
	Winter			Sommer		gesamtes Jahr	
	Fläche [m ²]	B [m ³ we]	b [kg/m ²]	B [m ³ we]	b [kg/m ²]	B [m ³ we]	b [kg/m ²]
Langenferner	1599681	1520631	951	-3135906	-1960	-1615274	-1010
Ac [m ²]	175.422		Bc [m ³ we]	34.941		bc [kg/m ²]	199
Aa [m ²]	1.424.259		Ba [m ³ we]	-1.650.215		ba [kg/m ²]	-1.159
						ELA	none
						Ac:Aa	0,123
						AAR	0,110

Winterbilanz				Sommerbilanz			
Höhenstufe [m.a.s.l.]	Fläche [m ²]	B [m ³ we]	b [kg/m ²]	Höhenstufe [m.a.s.l.]	Fläche [m ²]	B [m ³ we]	b [kg/m ²]
2725	31393	32275	1028	2725	31393	-154435	-4919
2775	51157	54537	1066	2775	51157	-214211	-4187
2825	43384	45391	1046	2825	43384	-166688	-3842
2875	62923	61719	981	2875	62923	-209655	-3332
2925	71049	67783	954	2925	71049	-194284	-2735
2975	71142	74632	1049	2975	71142	-179859	-2528
3025	99591	82158	825	3025	99591	-243780	-2448
3075	213098	195438	917	3075	213098	-401057	-1882
3125	177433	183416	1034	3125	177433	-292419	-1648
3175	160672	134692	838	3175	160672	-241443	-1503
3225	316783	299015	944	3225	316783	-485439	-1532
3275	235415	229973	977	3275	235415	-275394	-1170
3325	56502	53655	950	3325	56502	-69221	-1225
3375	9139	5949	651	3375	9139	-8020	-878
Summe	1599681	1520631	951	Summe	1599681	-3135906	-1960

Jahresbilanz			
Höhenstufe [m.a.s.l.]	Fläche [m ²]	B [m ³ we]	b [kg/m ²]
2725	31393	-122160	-3891
2775	51157	-159674	-3121
2825	43384	-121298	-2796
2875	62923	-147935	-2351
2925	71049	-126501	-1780
2975	71142	-105227	-1479
3025	99591	-161623	-1623
3075	213098	-205620	-965
3125	177433	-109003	-614
3175	160672	-106751	-664
3225	316783	-186424	-588
3275	235415	-45421	-193
3325	56502	-15566	-275
3375	9139	-2071	-227
Summe	1599681	-1615274	-1010

Tab.6: Die wichtigsten glaziologischen Kennzahlen und die Verteilung der saisonalen Bilanzen 2015/16 am Langenferner nach Höhenstufen.

5 Dokumentation der Feldarbeiten

Die Arbeiten am Langenferner verliefen im Haushaltsjahr 2015/16 ohne Zwischenfälle und Verletzungen. Insgesamt erforderten drei Begehungen an vier Arbeitstagen den Einsatz von insgesamt fünf Personen. Die gesamte Personenleistung im Feld beträgt 10 Personentage die sich wie folgt aufteilen:

Stephan Galos (ACINN): 4 Personentage

Mira Ehrler (IGI): 3 Personentage

Yasmin Markl (ACINN): 1 Personentag

Maria Siller (ACINN): 1 Personentag

Tobias Zolles (ACINN): 1 Personentag

Die Arbeiten zur Winterbilanz am 18.05.2016 und die Kampagne zur Erstellung der Jahresbilanz am 04. Oktober wurden vom Hydrographischen Amt der Autonomen Provinz Bozen jeweils durch einen Hubschrauberflug unterstützt und konnten so wesentlich erleichtert werden. Ein großes Dankeschön für die Organisation der Flüge 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 drei Arbeitseinsätze am Langenferner im Haushaltsjahr 2015/16.

5.1 Messungen zur Winterbilanz am 18.05.2016

Ziel der Begehung:

Messung der Massenrücklage aus der Akkumulationsperiode 2015/16 zur Erstellung der Winterbilanz, sowie Wartungsarbeiten an der automatischen Wetterstation am Felsköpfl.

Teilnehmer:

- Stephan Galos, Yasmin Markl, Tobias Zolles (Institut für Atmosphären- und Kryosphärenwissenschaften – Universität Innsbruck)
- Mira Ehrler (Institut für Geographie – Universität Innsbruck)

Ablauf:

Anfahrt in zwei Autos von Innsbruck nach Hintermartell. Anflug um 08:05 Uhr mit dem Helikopter auf das Plateau nordwestlich unterhalb Cevedale und Zufallspitzen. Aufteilung in zwei Gruppen. Während die Gruppe Galos/Ehrler die Mehrzahl der Sondierungen, die Wartung der Wetterstation am Felsköpfl, sowie die Anlage von Schacht 1 übernimmt, führt Gruppe Zolles/Markl die Sondierungen im westlichen Gletscherbereich durch und legt die Schächte 2 und 3 an. Bei Schacht 4 treffen sich die beiden Gruppen wieder und legen diesen gemeinsam an. Abfahrt vom Gletscher ab Schacht 4 hinunter auf das Zufallplateau. Von dort müssen die Ski aber bis hinunter zum Parkplatz getragen werden. Ankunft beim Parkplatz: ca. 19:20 Uhr.

Ausgeführte Arbeiten:

In vier Schneeschächten wurden Mächtigkeit und Dichte der Schneedecke gemessen, die sich seit dem Ende der Ablationsperiode 2015 auf dem Langenferner angesammelt hatte. Zusätzlich wurden insgesamt 101 Sondierungen - so gut wie möglich über die Gletscherfläche verteilt - durchgeführt, um die Mächtigkeit der Schneedecke und deren Verteilung zu messen. Wenige „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.

Aufgrund der Schneelage wurden keine Pegel aufgefunden, die Daten der Wetterstation Felsköpfl wurden durch einen Wechsel der Speicherarte ausgelesen.

Aktuelle Situation:

Der Gletscher präsentierte sich der Jahreszeit entsprechend gut verschneit. In den oberen Gletscherbereichen war der Schnee noch weitgehend pulvrig oder leicht windgepresst, während sich die Oberfläche in den ostexponierten Bereichen des mittleren Gletscherteils und der Zunge schon leicht angefeuchtet präsentierte. Im untersten Gletscherbereich und im Vorfeld war bereits ein klassischer Firnspiegel vorhanden. Die Mächtigkeit der Schneedecke war heuer etwa durchschnittlich. Die gemessenen Schneehöhen betragen meist zwei bis drei Meter. Relativ viel Schnee war im Bereich zwischen Eisseepass und Pegel 14 zu verzeichnen und auch die Schneehöhen an der Zunge waren im Hinblick auf die allgemeine Schneelage eher groß. Insgesamt war verhältnismäßig wenig Wind Einfluss auf die Verteilung der Schneedecke auszumachen. Die in den vier Schächten gemessenen Schneedichten liegen zwischen 362 kg/m^3 in Schacht 1 und 423 kg/m^3 in Schacht 4 und sind damit besonders niedrig. In Kombination mit der etwa durchschnittlichen Schneehöhe ergibt dies eine leicht unterdurchschnittliche Winterbilanz.

Witterung: Am Vormittag nur leichte, hohe Bewölkung, wenig Wind und sonnig. Im Tagesverlauf Zunahme der tiefen Bewölkung, auffrischender Wind aus Nordwest und kurzzeitig sogar ganz leichter Schneefall. Trotzdem stets gute Arbeitsbedingungen.

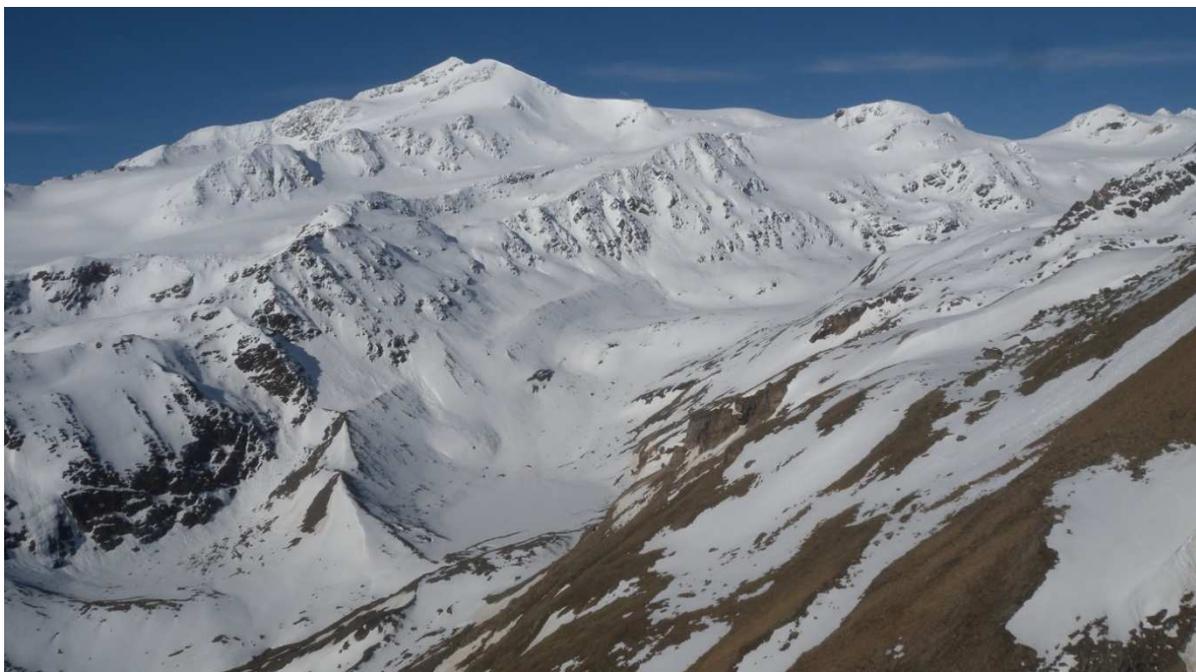


Abb.8: Blick aus dem Hubschrauber auf die Zufallspitzen und die umliegenden Gletscher. (Y. Markl)



Abb.9: Der untere Teil des Langenferners mit Königspitze im Hintergrund. (Y. Markl)



Abb.10: Wie immer gute Stimmung zu Beginn der Arbeiten. (Y. Markl)



Abb.11: Blick vom oberen Teil des Zufallferners auf Königspitze und Ortler. Im Vordergrund Casatihütte und Suldenspitze. (M. Ehrler)



Abb.12: Stephan Galos in Schacht 1 (M. Ehrler)



Abb.13: Schacht 2. (Y. Markl)



Abb.14: Das Loch im Gletscherbruch der die Zunge vom Mittelteil trennt. (Y. Markl)



Abb.15: Blick vom Felsköpfl auf den Gletscherbruch und die steilen, unzugänglichen Hänge nordwestlich der Drei Kanonen. (S. Galos)



Abb.16: Blick von der Wetterstation am Felsköpfl hinaus ins oberste Martelltal. (S. Galos)



Abb.17: Schacht 3. (Y. Markl)



Abb.18: Schacht 4. (S. Galos)

5.1 Erste Sommerbegehung am 02. und 03.08.2016

Ziel der Begehung:

Ablesung der Ablationspegel im unteren und mittleren Bereich des Gletschers, Neubohrung von Pegeln je nach Stand der Ablation. Kurzcheck der AWS am Felsköpfl und des Materialdepots, Dokumentation der aktuellen Verhältnisse am Gletscher und in dessen Umgebung.

Teilnehmer:

- Stephan Galos - Institut für Atmosphären- und Kryosphärenwissenschaften / Uni Innsbruck
- Mira Ehrler - Institut für Geographie / Uni Innsbruck

Ablauf:

Am Nachmittag des 02.08. Anfahrt von Innsbruck nach Hintermartell. Aufstieg zur Zufallhütte wo wir gerade rechtzeitig vor dem Abendessen eintreffen. Übernachtung. Am Morgen des 03.08. gegen 07:45 Uhr Beginn des Aufstieges zum Gletscher der um etwa 09:30 Uhr erreicht wird. Beginn der Bohrarbeiten an Pegel 6 der bereits akut vom Rückzug der Gletscherzunge bedroht ist und deswegen etwa 35 m weiter gletscheraufwärts gesetzt wird. Bei den ersten beiden Versuchen wird jeweils nur eine Bohrtiefe von gut vier Metern erreicht. Auch beim dritten Versuch geht es nicht tiefer als etwa sechs Meter. Dann Aufstieg zu Pegel 7 welcher ebenfalls neu gebohrt wird. Weiterer Aufstieg zu den Pegeln 10, 9, 11, 12 und 35, welche alle abgelesen werden. Aufstieg über das Schnee- und Felscouloir nordwestlich von Pegel 35 zur AWS Felsköpfl. Kurze Mittagspause. Check der AWS und des Materialdepots. Der Bohrer wird samt Schlauch und 1x Gas in einer dafür vorgesehenen Kiste unter der grünen Plane an der Station deponiert. Der Regenschirm an der Station ist mittlerweile gut gefüllt und muss im Spätsommer geleert werden. Der Pyranometer ist sehr schief, die Daten sind wahrscheinlich unbrauchbar. Belüftung der Temperatur läuft. Sonst scheint alles OK. Keine Arbeiten an der Station durchgeführt.

Weiterer Aufstieg und Ablesung der Pegel 27, 15, 13a und 16, wobei an den Positionen der drei erst genannten Pegel noch Schnee liegt. Das gilt auch für die Positionen 18 und 33, die aber nicht direkt aufgesucht werden. Pegel 14 und 29 waren sichtbar und befanden sich gerade wenige Meter innerhalb der Schneegrenze, wurde aber ebenfalls nicht aufgesucht. Aufstieg zum Eisseepass und auf die Eisseespitze um einen Überblick über die aktuelle Ausaperung zu erhalten. Abstieg über den Moränenweg zur Hütte, welche kurz vor 18:00 Uhr erreicht wird. Schneller Radler, Abstieg, Ankunft beim Parkplatz: ca. 19:00 Uhr.

Ausgeführte Arbeiten:

Es wurden die Pegel 6 und 7 an der Zunge nachgebohrt. Die Pegel 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 27, und 35 wurden abgelesen, bzw. wurden an den Positionen von Pegel 13a und 15 Schneemessungen durchgeführt, da diese nicht gefunden werden konnten. Alle aufgefundenen Pegel, sowie jene die neu gebohrt wurden, wurden mit GPS vermessen. Die AWS Felsköpfl wurde aufgesucht und begutachtet, das Materialdepot an dieser Stelle überprüft. Die aktuellen Verhältnisse wurden durch eine Vielzahl an Fotos dokumentiert.

Aktuelle Situation:

Der Gletscher präsentierte sich mit einer bereits nahezu gänzlich schneefreien Zunge. Ab einer Höhe von etwa 2950 m.a.s.l. waren jedoch noch weite Teile des Gletschers schneebedeckt. An Pegel 15 waren noch 90 cm Schnee vorhanden. Die Ausaperung ist deutlich geringer als im Vergleichszeitraum des Vorjahres. Etwa gut 70% der Gletscherfläche sind noch schneebedeckt.

Witterung: Am Nachmittag des 02.08. stark bewölkt, aber insgesamt freundlich. Mäßig warm. Nullgradgrenze um 3500 m. Darüber leicht angezuckerte Gipfel. Abflüsse mäßig angeschwollen und getrübt. Am Morgen des 03.08. leicht bewölkt aber freundlich, wenig, später auffrischender Wind. Fühlbare Erwärmung und Anstieg der 0° Grenze auf etwa 4000 m. Im Tagesverlauf Zunahme der Bewölkung, Gipfel über etwa 3600m in Wolken. Starkes Schmelzen am Gletscher, stark getrübt und angeschwollene Abflüsse.

Depot Felsköpfl

1 Bohrer + 1 Schlauch 12m, 1 Bohrlanze + Windschutz, alles in Zarges-Kiste
 1 Gaskatusche (90% voll)
 1 Fäustel
 32 Pegelstangen, ca. 10 Verbinder, viele Verbinder alt (schwarz, steif)
 Viele große Kabelbinder
 2x 10 W Solarpanel
 1x großes Solarpanel kaputt
 Langes Stahlseil, Spannschrauber, Seilklemmen für Abspannung AWS-Felsköpfl
 5l Frostschutz
 1 x IR 120
 1 x Logger-box mit Batterie von alter AWS
 1 Aluleiter

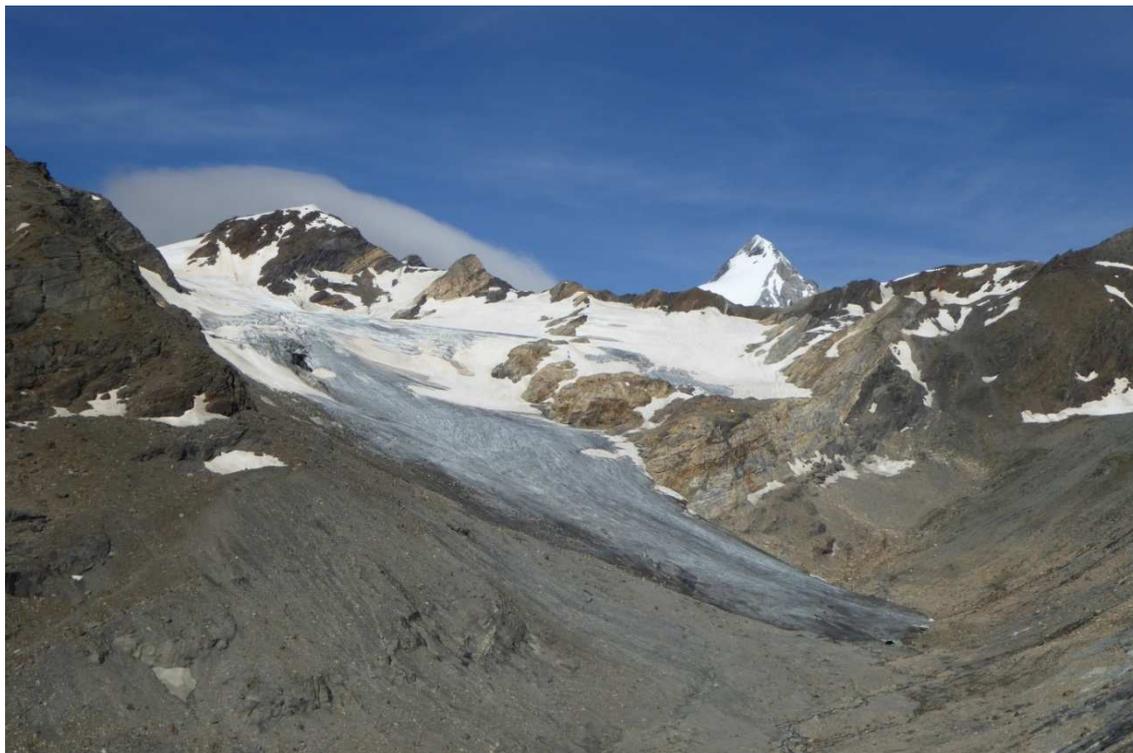


Abb.19: Blick auf die großteils schneefreie Zunge des Langenferners am 03.08.2016. (S. Galos)



Abb.20: Das Gletschertor bei den Bohrarbeiten an Pegel 06/16 am 03.08.2016. (M. Ehrler)



Abb.21: Die steilen Hänge unterhalb der Drei Kanonen und das Loch unterhalb des Gletscherbruchs. (S. Galos)



Abb.22: Der obere Gletscherteil von den Südhängen unterhalb der Eisseespitze. Saharastaub aus den ersten Apriltagen verdunkelt die Gletscheroberfläche (S. Galos, 03.08.2016).



Abb.23: Blick auf die Gletscher des Martelltales die bereits größtenteils schneefrei sind (S. Galos, 03.08.2016).



Abb.24: Die Zunge des Langenferners gesehen von dessen 1850er Moräne (S. Galos, 03.08.2016).

5.3 Zweite Sommerbegehung (Abschlussbegehung) am 04.10.2016

Ziel der Begehung:

Ablesung der Ablationspegel, Messung der Akkumulation am Gletscher, Sammeln der notwendigen Daten zur Erstellung der Bilanz 2015/16. Kurzcheck der AWS am Felsköpfl und des dortigen Materialdepots, Dokumentation der aktuellen Verhältnisse am Gletscher und in dessen Umgebung.

Teilnehmer:

- Stephan Galos - Institut für Atmosphären- und Kryosphärenwissenschaften / Uni Innsbruck
- Maria Siller - Institut für Atmosphären- und Kryosphärenwissenschaften / Uni Innsbruck

Ablauf:

Anfahrt am frühen Morgen des 4.10. von Innsbruck nach Hintermartell. Von dort pünktlich um 08:00 Anflug mit dem Hubschrauber zu den Drei Kanonen. Der übliche Austiegsort am Plateau unter Cevedale und Zufallspitzen kann wegen dichtem Nebel nicht angeflogen werden. Auch die Drei Kanonen können nur mit Glück erreicht werden. Aufsuchen des Pegels 30 der wegen Neuschnee nicht gefunden werden kann. Weiter über Pegel 23 (ebenfalls nicht gefunden) zu Punkt 24. An beiden Punkten hat etwas Firn den Sommer überdauert und es werden entsprechende Messungen durchgeführt. Weiter zu Pegel 31, der ebenfalls nicht aufgefunden werden konnte. Über nur leicht zugeschneite und gefährliche Spalten hinauf zu Pegel 25 welcher gefunden wird. Beim Abstieg zur ehemaligen AWS-Gletscher werden noch zusätzliche Schneemessungen durchgeführt. Die weitere Reihenfolge der Pegelablesungen: AWS, 21, 22, 32, 20/09, 20/15, 34, 29. Nach dem Ablesen von Pegel 29, der im Neuschnee nur mit viel Glück gefunden wurde, folgen zwei Akkumulationsmesspunkte in der Steilmulde zwischen Pegel 21 und Pegel 17. Danach Weiterweg über die Pegel 17, 16, 18, 33 (nicht gefunden), 13, 15 und 27 hinunter zur AWS am Felsköpfl. Lüftung Rotronic ist hörbar. Ausleeren des Niederschlagsmessers und Neubeschickung mit Frostschutzmittel. Weitere Arbeiten, sowie der Abtransport des deponierten Bohrers, können aus Zeitmangel nicht durchgeführt werden. Nach einer kurzen Pause Aufsuchen der restlichen Pegel in der Reihenfolge 14, 35, 12, 28, 11, 9, 8, 10, 7 und 6. Das Zungenende wird noch grob mit drei GPS-Messpunkten eingemessen. Abstieg zur Zufallhütte, kurzer Plausch mit Uli und den lokalen Bergführern, Abstieg zum Parkplatz und Rückfahrt nach Innsbruck. Ankunft: ca. 23:00 Uhr.

Ausgeführte Arbeiten:

Es wurden alle Pegel aufgesucht und im Falle des Auffindens abgelesen. Schneemessungen an allen Pegelstandorten, sowie an einer Reihe von weiteren Messpunkten wurden durchgeführt, wobei Schnee aus dem Haushaltsjahr 2015/16 und 2016/17 natürlich getrennt gemessen wurden. Die Positionen aller aufgefundenen Pegel wurden mit (konventionellem) GPS neu eingemessen. Die AWS Felsköpfl wurde aufgesucht und der Niederschlagsmesser wurde entleert und neu beschickt. Die Abdeckung des Materialdepots wurde überprüft. Die aktuellen Verhältnisse am und um den Langenferner wurden durch eine Vielzahl an Fotos dokumentiert.

Die Fortbewegung zwischen den Pegeln war im tiefen Schnee teilweise (vor allem während der immer wieder notwendigen Aufstiege) sehr ermüdend.

Aktuelle Situation:

Der Gletscher präsentierte sich bis an seine Zunge verschneit. Die Schneehöhen im oberen Gletscherteil erreichten 25 bis 40 cm, an der Zunge 1 bis 10 cm. Im untersten Gletscherbereich, sowie in den Spaltenzonen tritt vereinzelt (Auf-)Eis zu tage. In den unteren und mittleren Bereichen ist der Gletscher im vergangenen Sommer weiter stark zurückgeschmolzen. Weitere Felsinseln im orographisch linken Bereich des Bruches der die Zunge vom Mittelteil trennt, sowie im Teil nördlich des Felsköpfls sind ausgeschmolzen. Bestehende Felsinseln (z.B. um Pegel 33) haben sich stark vergrößert. Die Zunge wird nach einigen weiteren Jahren mit negativer Massenbilanz vermutlich vom Hauptgletscher abreißen. Selbiges gilt für den Gletscherteil mit den Pegeln 33, 15, 27 und 14. Trotz der offensichtlich stark negativen Bilanz des Haushaltsjahres 2015/16, hat in den oberen Gletscherbereichen an mehreren Stellen Firn aus der Akkumulationsperiode 2015/16 den Sommer überdauert. Lieder kann aufgrund der geringen Anzahl der Sommerbegehungen nur eine grobe Eingrenzung der Akkumulationsflächen erfolgen.

Witterung: Kühl mit Nordföhn, am Vormittag sind die Bereiche über 3000 m teils in Wolken, darüber aber heiter. Am Gletscher anfangs schlechte Sicht und Nebel. Mäßiger kalter Wind aus Nordost. Später sehr Sonnig, kaum Wolken und etwas schwächerer Wind. Nullgradgrenze ca. 2300 bis 2500 m. Alle Gletscher der Region sind schneebedeckt, wobei die Schneemengen unterhalb 3000 m gering sind. Außerhalb der Gletscher liegt kaum/kein Schnee. Abflüsse der geringen Temperatur entsprechend gering und ungetrübt.

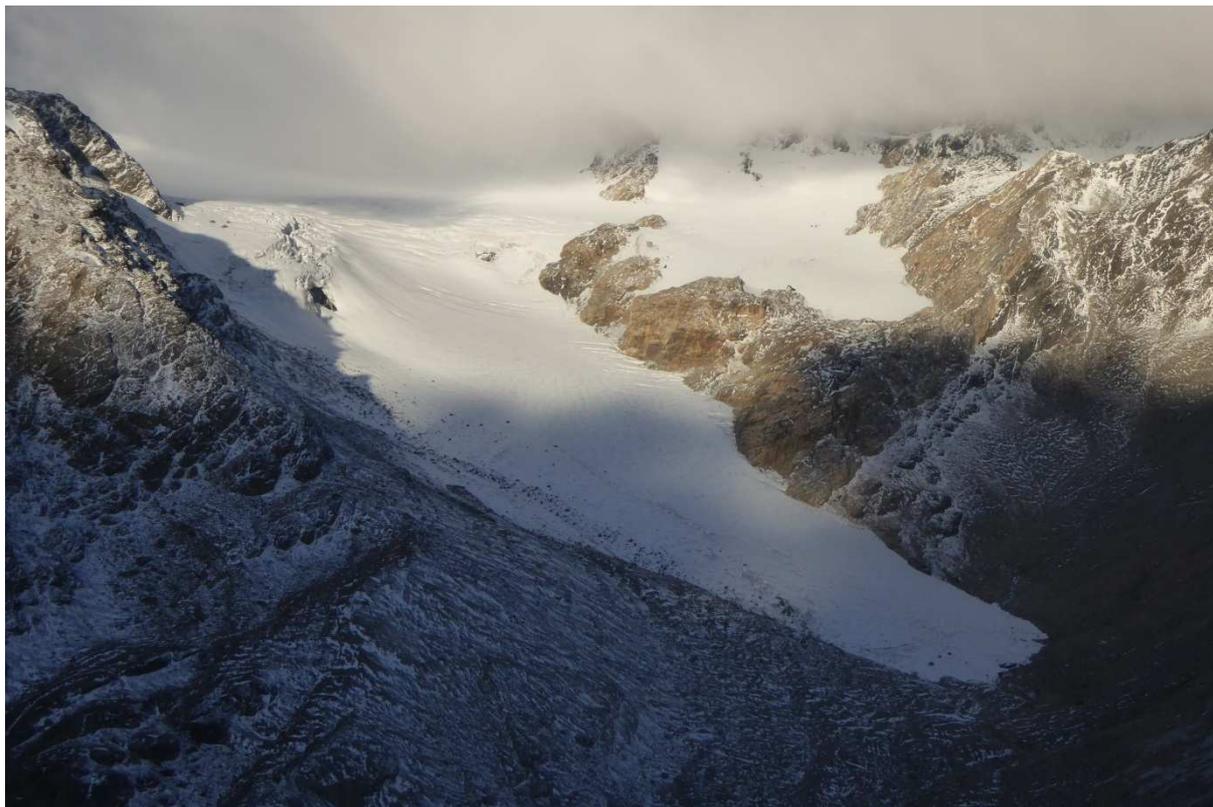


Abb.25: Die Zunge des Langenferners beim Anflug zur Abschlussbegehung am 04.10.2016 (S. Galos).



Abb.26: Maria Siller beim Aufstieg zu Pegel 25, im Hintergrund Casatihütte und Suldenspitze (S. Galos).



Abb.27: Ablesen von Pegel 25 (S. Galos).



Abb.28: Bestimmung der Firnrücklagen im Schneeschart an Wegpunkt 72 (S. Galos).



Abb.29: Blick von Pegel 33 zu den Gipfeln von Zufallspitzen und Cevedale. Zu erkennen ist auch die Spur der Feldarbeiter und die Akkumulationsmesspunkte 72 und 73 (S. Galos).

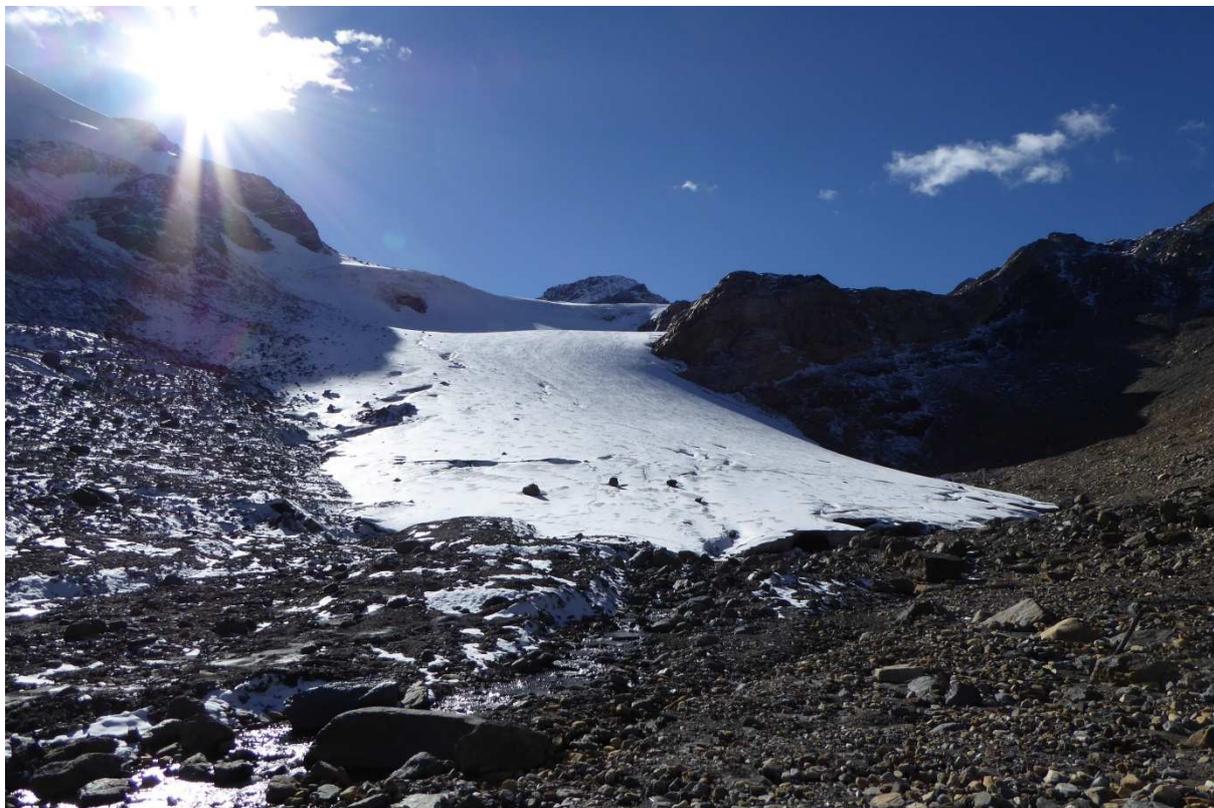


Abb.30: Die angezuckerte Zunge des Langenferners am 04.10.2016 (S. Galos).

6 Tabellen und Messwerte

6.1 Die Schächte zur Winterbilanz 2015/16

Schacht S1: Stephan Galos & Mira Ehrler, 18.05.2016								
GPS (WGS84, 32T)	RW: 623511	HW: 5146677	Alt: 3263	Messpunkt / Pegel 24				
Tiefe [cm]	r= [m]	l= [m]	V= [m³]					
338	0,02825	0,211	0,00052902					
Abstich	Füll_korr [cm]	Füllhöhe [m]	m [g]	offset [g]	m_korr [g]	rho [kg/m³]	ww [kg/m²]	
1	0,5	0,216	645	548	97	179	39	
2		0,211	673	548	125	236	50	
3		0,211	700	548	152	287	61	
4	0,3	0,214	702	548	154	287	61	
5		0,211	725	548	177	335	71	
6		0,211	750	548	202	382	81	
7		0,211	749	548	201	380	80	
8		0,211	765	548	217	410	87	
9		0,211	772	548	224	423	89	
10		0,211	770	548	222	420	89	
11	0,2	0,213	786	548	238	446	95	
12		0,211	790	548	242	457	97	
13		0,211	752	548	204	386	81	
14		0,211	751	548	203	384	81	
15		0,211	762	548	214	405	85	
16	-1,2	0,199	741	548	193	387	77	
Summe:	-0,2	3,374	11833	8768	3065	362	1222	
Korrekturen:								
Differenz gemessene Tiefe - Summe der Abstiche = 0,6 cm				rho [kg/m³]:	362	ww [kg/m²]:	2	
Schnee 30.09.2015 (über Sommerhorizont 2015)				rho [kg/m³]:		ww [kg/m²]:	73	
Schnee seit inkl. 01.05.2016:				34 cm	rho [kg/m³]:	200	ww [kg/m²]:	68
					korrigiert:	1083 kg/m²		

Tab.7: Die Auswertung zu Schacht 1 bei der Begehung zur Messung der Winterbilanz am 18. Mai 2016.

Schacht S2: Tobias Zolles & Yasmin Markl 18.05.2016								
GPS (WGS84, 32T)	RW: 623392	HW: 5147548	Alt: 3083					
Tiefe: (cm)	R= [m]	l= [m]	V= [m³]					
282 cm	0,02825	0,21	0,00052651					
Abstich	Füll_korr [cm]	Füllhöhe [m]	m [g]	offset [g]	m_korr [g]	rho [kg/m³]	ww [kg/m²]	
1		0,210	695	545	150	285	60	
2		0,210	705	545	160	304	64	
3		0,210	710	545	165	313	66	
4		0,210	725	545	180	342	72	
5	-0,4	0,206	725	545	180	349	72	
6	-0,7	0,203	745	545	200	393	80	
7		0,210	760	545	215	408	86	
8	-1,4	0,196	760	545	215	438	86	
9		0,210	775	545	230	437	92	
10		0,210	790	545	245	465	98	
11		0,210	785	545	240	456	96	
12		0,210	765	545	220	418	88	
13		0,210	760	545	215	408	86	
14	-12,1	0,090	637	545	92	408	37	
Gesamt:	-14,6	2,795	10337	7630	2707	386	1080	
Korrekturen:								
Differenz gemessene Tiefe - Summe der Abstiche = 2 cm				rho [kg/m³]:	380	ww [kg/m²]:	8	
Schnee 30.09.2015 (aus Messungen an Pegel 16 und 18)				rho [kg/m³]:		ww [kg/m²]:	55	
Schnee seit inkl. 01.05.2016:				31 cm	rho [kg/m³]:	285	ww [kg/m²]:	88
					korrigiert:	945 kg/m²		

Tab.8: Die Auswertung zu Schacht 2 bei der Begehung zur Messung der Winterbilanz am 18. Mai 2016.

Schacht S3: Tobias Zolles & Yasmin Markl, 18.05.2016								
GPS (WGS84, 32T)	RW: 624023	HW: 5147669	Alt: 2902		Pegel 12			
Tiefe: (cm)	R= [m]	l= [m]	V= [m³]					
242 cm	0,02825	0,21	0,00052723					
Abstich	Füll_korr [cm]	Füllhöhe [m]	m [g]	offset [g]	m_korr [g]	rho [kg/m³]	ww [kg/m²]	
1	0,0	0,210	725	545	180	342	72	
2	0,7	0,217	730	545	185	340	74	
3	0,0	0,210	740	545	195	370	78	
4	0,0	0,210	725	545	180	342	72	
5	0,0	0,210	740	545	195	370	78	
6	0,0	0,210	760	545	215	408	86	
7	0,0	0,210	775	545	230	437	92	
8	0,0	0,210	790	545	245	465	98	
9	0,0	0,210	735	545	190	361	76	
10	0,0	0,210	735	545	190	361	76	
11	0,0	0,210	725	545	180	342	72	
12	14,1	0,070	605	545	60	342	24	
Summe:	14,8	2,387	8785	6540	2245	375	895	
Korrekturen:								
Differenz gemessene Tiefe - Summe der Abstiche = 3,3 cm				rho [kg/m³]:	375	ww [kg/m²]:	12	
Schnee 30.09.2015				rho [kg/m³]:		ww [kg/m²]:	66	
Schnee seit inkl. 01.05.2016:				21 cm	rho [kg/m³]:	342	ww [kg/m²]:	72
					korrigiert:	770 kg/m²		

Tab.9: Die Auswertung zu Schacht 3 bei der Begehung zur Messung der Winterbilanz am 18. Mai 2016.

Schacht S4: Stephan Galos, & Mira Ehrler, 18.05.2016								
GPS (WGS84, 32T)	RW: 624578	HW: 5147866	Alt: 2730		Pegel 6			
Tiefe: (cm)	R= [m]	l= [m]	V= [m³]					
249 cm	0,02825	0,211	0,00052974					
Abstich	Füll_korr [cm]	Füllhöhe [m]	m [g]	offset [g]	m_korr [g]	rho [kg/m³]	ww [kg/m²]	
1		0,211	730	548	182	344	73	
2	2,0	0,231	793	548	245	423	98	
3		0,211	753	548	205	388	82	
4		0,211	757	548	209	395	83	
5		0,211	772	548	224	423	89	
6		0,211	777	548	229	433	91	
7	0,3	0,214	792	548	244	455	97	
8		0,211	810	548	262	495	104	
9		0,211	814	548	266	503	106	
10		0,211	794	548	246	465	98	
11		0,211	736	548	188	355	75	
12	-12,1	0,090	628	548	80	355	32	
Summe:	-9,8	2,434	9156	6576	2580	423	1029	
Korrekturen:								
Differenz gemessene Tiefe - Summe der Abstiche = 5,6 cm				rho [kg/m³]:	423	ww [kg/m²]:	24	
Schnee 30.09.2015				rho [kg/m³]:		ww [kg/m²]:	30	
Schnee seit inkl. 01.05.2016:				16 cm	rho [kg/m³]:	344	ww [kg/m²]:	55
					korrigiert:	968 kg/m²		

Tab.10: Die Auswertung zu Schacht 4 bei der Begehung zur Messung der Winterbilanz am 18. Mai 2016.

6.2 Sondierungen zur Winterbilanz 2015/16

Pegel	X UTM	Y UTM	Alt 2013	prob1	prob2	prob3	ext	SH	rho	we_roh	c_ba_14/15	c_bs_16	bw_fix
LGF6/15	624578	5147866	2730	Schacht 4				249	423	1053	30	55	968
LGF7/15	624439	5147825	2759	62	68	60	180	243	415	1010	39	60	911
LGF8/15	624408	5147689	2802	180	140	150	180	337	415	1397	66	65	1266
LGF9/15	624299	5147700	2829	78	87	86	180	264	400	1055	66	65	924
LGF10/15	624337	5147849	2782	116	113	103	180	291	400	1163	60	60	1043
LGF11/15	624161	5147612	2878	76	78	68	180	254	385	978	45	70	863
LGF12/15	624023	5147669	2902	Schacht 3				242	375	908	66	72	770
LGF13a/11	623578	5147711	3052	186	90	100	120	245	385	945	77	70	798
LGF14/15	623840	5147914	2960	166	172	174	180	351	380	1333	54	70	1209
LGF15/15	623555	5147844	3043	171	162	168	180	347	380	1319	88	70	1161
LGF16/15	623505	5147524	3078	20	22	25	180	202	385	779	54	70	655
LGF17/15	623676	5147401	3051	-20	-22	-25	180	158	375	591	50	70	471
LGF18/09	623393	5147669	3087	135	139	140	120	258	385	993	65	75	853
LGF20/09	623255	5147194	3168	75	70	68	240	311	375	1166	30	70	1066
LGF20/15	623345	5147215	3158	2	10	5	180	186	370	687	25	70	592
LGF21/15	623498	5146985	3222	45	5	5	180	198	375	744	25	55	664
LGF22/11	623220	5146866	3221	103	98	93	180	278	375	1043	74	65	904
LGF23/05	623875	5146699	3287	122	128	130	180	307	370	1135	143	70	922
LGF24/05	623511	5146677	3263	Schacht 1				338	362	1224	73	68	1083
LGF25/11	623637	5146307	3362	0	-1	-3	180	179	362	647	43	60	544
LGF26/05	623771	5146172	3450	53	42	26	180	220	362	798	15	70	713
LGF27/15	623705	5147868	3003	158	159	157	180	338	380	1284	54	70	1160
LGF28/15	624121	5147754	2880	161	155	165	180	340	385	1310	33	70	1207
LGF29/09	623286	5147470	3111	-60	-55	-50	300	245	385	943	6	75	862
LGF30/09	623730	5146883	3259	82	86	89	180	266	370	983	78	70	835
LGF31/09	623204	5146525	3279	140	132	138	180	317	370	1172	70	55	1047
LGF32/09	623029	5146925	3239	185	180	175	240	420	380	1596	0	60	1536
LGF33/09	623316	5147856	3118	250	250	250	180	430	380	1634	70	70	1494
LGF34/11	623345	5147308	3137	6	18	28	300	317	375	1190	43	70	1077
LGF35/15	623895	5147665	2929	60	64	66	240	303	375	1138	70	70	998

Tab.11a: Sondierungen zur Winterbilanz 2015/16 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/m³], Wasserwert der Schneedecke [kg/m²], Korrektur für Sommerschnee 2015, Korrektur bezüglich des fixen Datums und korrigierter Wert der Winterbilanz nach fixem Datum (01.10.2015 bis 30.04.2016) [kg/m²].

Nr.	ID	X UTM	Y UTM	Alt 2013	prob1	prob2	prob3	ext	SH	rho	we_roh	c_ba_14/15	c_bs_16	bw_fix
1	b2	623718	5146272	3372	14	18	7	180	193	362	699	40	70	589
2	b3	623677	5146402	3352	32	34	34	180	213	362	772	45	70	657
3	b4	623799	5146441	3343	245	245	237	180	422	362	1529	60	70	1399
4	b5	623664	5146504	3329	160	154	153	180	336	362	1215	70	70	1075
5	b6	623796	5146537	3323	130	122	145	180	312	362	1131	70	70	991
6	b7	623611	5146600	3297	121	122	121	180	301	362	1091	80	70	941
7	b8	623736	5146650	3291	215	219	218	180	397	362	1438	120	70	1248
8	b11	623633	5146752	3263	150	151	157	180	333	362	1204	73	70	1061
9	b12	623778	5146787	3272	142	142	140	180	321	370	1189	100	70	1019
10	b13	623978	5146773	3283	62	58	60	180	240	370	888	110	70	708
11	b14	624039	5146857	3282	55	57	58	180	237	370	876	90	70	716
12	b15	623887	5146849	3274	91	91	92	180	271	370	1004	100	70	834
13	b17	623555	5146878	3238	40	43	35	180	219	375	823	75	70	678
14	b18	623439	5146820	3228	115	121	117	180	298	375	1116	75	70	971
15	b19	623660	5146990	3228	0	3	5	180	183	370	676	60	70	546

16	b21	623375	5146927	3220	122	160	70	180	297	375	1115	75	70	970
17	b22	623268	5146993	3207	145	55	58	180	266	375	998	60	70	868
18	b23	623190	5147091	3191	112	111	110	180	291	375	1091	50	70	971
19	b24	623375	5147119	3183	20	0	0	180	187	370	691	40	55	596
20	b25	623495	5147151	3170	5	5	10	180	187	370	691	30	55	606
21	b29	623510	5147280	3119	165	160	162	180	342	370	1267	60	70	1137
22	b32	623589	5147397	3073	86	96	100	180	274	375	1028	55	70	903
23	b34	623267	5147604	3112	167	169	175	180	350	385	1349	65	70	1214
24	b35	623216	5147686	3140	214	205	222	180	394	380	1496	70	70	1356
25	b36	623253	5147809	3142	235	238	240	180	418	380	1587	80	70	1437
26	b38	623367	5147949	3098	250	225	230	180	415	380	1577	70	70	1437
27	b39	623412	5147806	3081	225	215	220	180	400	380	1520	90	70	1360
28	b40	623463	5147898	3064	175	178	176	180	356	380	1354	80	70	1204
29	b42	623624	5147785	3037	232	60	60	180	297	380	1130	65	70	995
30	b43	623632	5147926	3019	235	222	228	180	408	380	1552	55	70	1427
31	b44	623714	5147779	3008	150	163	158	180	337	380	1281	55	70	1156
32	b46	623764	5147936	2982	177	169	173	180	353	380	1341	55	70	1216
33	b47	623811	5147843	2970	90	115	85	180	277	380	1051	60	70	921
34	b49	623904	5147867	2939	220	225	215	180	400	380	1520	65	70	1385
35	b51	624206	5147700	2859	80	76	85	180	260	385	1002	45	65	892
36	b53	624258	5147791	2822	150	150	151	180	330	395	1305	50	65	1190
37	b54	624393	5147783	2788	100	101	94	180	278	415	1155	45	60	1050
38	b57	624437	5147923	2750	78	68	65	180	250	410	1026	35	60	931
39	b58	624529	5147860	2737	103	97	80	180	273	420	1148	30	55	1063
40	b59	624545	5147915	2735	45	92	98	180	258	425	1098	30	55	1013
41	b60	624627	5147903	2724	109	109	103	180	287	425	1220	25	55	1140
42	r2	623570	5146404	3343	53	50	49	180	231	362	835	45	60	730
43	r3	623536	5146510	3309	48	57	72	180	239	362	865	75	65	725
44	r4	623468	5146593	3282	147	152	146	180	328	370	1215	80	70	1065
45	r5	623344	5146527	3279	70	80	80	180	257	370	950	75	60	815
46	r7	623324	5146626	3249	67	76	74	180	252	370	934	75	60	799
47	r8	623233	5146658	3245	103	109	107	180	286	370	1059	70	60	929
48	r9	623144	5146757	3234	145	145	145	180	325	370	1203	70	60	1073
49	r10	623308	5146787	3229	112	140	130	180	307	375	1153	75	65	1013
50	r12	623137	5146969	3208	77	73	75	180	255	375	956	70	65	821
51	r14	623074	5147060	3228	100	105	103	240	343	380	1302	15	65	1222
52	r15	623118	5147176	3210	240	240	230	240	477	380	1811	20	70	1721
53	r19	623209	5147438	3128	8	9	9	300	309	375	1158	30	70	1058
54	r21	623431	5147412	3101	-40	-90	-90	300	227	385	873	50	75	748
55	r24	623493	5147656	3068	170	169	171	120	290	385	1117	55	75	987
56	r25	623591	5147606	3059	109	108	110	120	229	385	882	50	70	762
57	r27	623716	5147640	3011	163	150	151	240	395	380	1500	50	70	1380
58	r28	623832	5147605	2967	50	70	43	240	294	380	1118	45	70	1003
59	r29	623952	5147549	2943	0	0	3	240	241	375	904	45	70	789
60	r30	624078	5147488	2933	45	17	17	240	266	375	999	45	70	884
61	r31	624037	5147578	2912	23	17	-2	240	253	375	948	45	70	833
62	r34	624199	5147519	2886	70	80	80	240	317	375	1188	55	70	1063
63	r36	624297	5147555	2855	156	130	120	180	315	385	1214	60	70	1084
64	r37	624262	5147627	2851	33	55	56	180	228	400	912	55	65	792
65	r38	624381	5147612	2821	130	140	125	180	312	400	1247	65	65	1117
66	r40	624511	5147762	2761	120	140	140	180	313	415	1300	50	60	1190
67	r41	624599	5147806	2735	27	42	55	180	221	425	941	30	55	856
68	r42	624656	5147865	2720	140	120	110	180	303	425	1289	25	55	1209
69	b205	623657	5147255	3087	245	250	250	180	428	370	1585	70	70	1445
70	b206	623790	5147260	3082	100	96	101	180	279	370	1032	70	70	892
71	b207	623772	5147341	3060	5	-5	0	180	180	375	675	60	70	545

Tab.11b: Sondierungen und Schächte zur Winterbilanz 2015/16. Sondierungsnummer, ID, Rechtswert, Hochwert, Seehöhe [m.a.s.l.], die einzelnen Sondierungswerte [cm] (3 Spalten), Korrektur für Verlängerung [cm], Schneehöhe [cm], mittlere Dichte [kg/m³], Wasserwert unkorrigiert [kg/m²] Korrektur für Sommerschnee 2015 [kg/m²], Korrektur für Schnee seit 01.05. [kg/m²] und korrigierter Winterbilanzwert [kg/m²] für die Periode 01.10.2015 bis 30.04.2016.

6.3 Protokolle der Pegelablesungen im Haushaltsjahr 2015/16

6.2.1 Pegelprotokoll 03.08.2016 (S. Galos, und M. Ehrler)

Pegel	FEE	FEE neu	Altschnee	Neuschnee	Kommentar
LGF06/15	547	128	0	0	2 Stangen abgetrennt: FEE = 128, 15m bis Gletscherende
LGF06/16	-31		0	0	3 x 2m, ging nicht tiefer, ca35m gletscheraufwärts von 6/15
LGF07/15	552	138	0	0	2 Stangen abgetrennt: FEE = 138
LGF07/16	28		0	0	5 x 2m, 2m südlich oberhalb 7/15
LGF08/15			0	0	nicht aufgesucht, gesehen, schneefrei
LGF09/15	442	27	0	0	
LGF10/15	51		0	0	
LGF11/13	115		0	0	
LGF11/15	103		0	0	
LGF12/15	152		0	0	
LGF13a/11			40	0	nicht geunden, noch Winterschnee
LGF14/11			ja (10?)	0	gerade noch in Winterschnee, gesehen aber nicht aufgesucht
LGF15/09			90	0	nicht geunden, noch Winterschnee
LGF16/09	94		0	0	noch nicht allzu viel Eisablation
LGF16/15	53		0	0	noch nicht allzu viel Eisablation
LGF18/09			ja	0	nicht aufgesucht, aber ordentlich Schnee
LGF27/15	127		35	0	möglicherweise Pegel 27/09 -> check
LGF28/12			?	0	nicht aufgesucht
LGF29/09			ja	0	gesehen, aber nicht aufgesucht, gerade noch im Schnee
LGF33/09			ja	0	
LGF34/11			?	0	nicht gesehen, aber falls nicht im Schnee, noch nicht viel passiert
LGF35/15	60		0	0	1 Stange daneben abgetrennt, l = 207

Tab.12: Pegelprotokoll vom 03. August 2016.

6.2.2 Pegelprotokoll 04.10.2016 (S. Galos, und M. Siller)

X GPS	Y GPS	Alt GPS	Messpunkt	FEE	Altschnee	S 15/16	S 16/17	Kommentar
624570	5147857	2721	LGF06/16	273	0	0	3	
624438	5147817	2761	LGF07/16	283	0	0	4	
624417	5147709	2780	LGF08/15	348	0	0	0	5-8 cm Aufeis, rho=700 kg/m ²
624300	5147710	2817	LGF09/15	253	0	0	5	
624327	5147854	2773	LGF10/15	254	0	0	5	
624181	5147622	2861	LGF11/15	303	0	9	3	
624033	5147673	2900	LGF12/15	344	0	10	3	
623578	5147713	3056	LGF13a/11	378	0	19	8	
623839	5147918	2947	LGF14/15	278	0	5	4	unterhalb
623555	5147845	3047	LGF15/09	155	0	17	10	oberhalb
623547	5147840	3044	LGF15/15	77	0	17	10	
623511	5147529	3080	LGF16/15	198	0	19	10	
623685	5147406	3067	LGF17/15	259	0	7	3	
			LGF18/05	250	0	19	8	unterer der beiden Pegel
			LGF18/09	369	0	19	8	oberer der beiden Pegel
623267	5147215	3160	LGF20/09	86	0	26	16	ohne Verbinder
623351	5147221	3152	LGF20/15	233	0	19	8	
623493	5147000	3220	LGF21/09	240	0	21	9	
623479	5147000	3221	LGF21/15	98	0	13	9	
623220	5146875	3221	LGF22/11	234	0	15	11	
623879	5146700	3290	LGF23/05		34	17	8	Pegel nicht gefunden -> Schneeschacht
			LGF24/05		58	24	8	Schneeschacht
623636	5146312	3363	LGF25/11	233	0	16	7	
623704	5147869	3005	LGF27/15	276	0	13	8	
624133	5147755	2865	LGF28/12	281	0	2	7	
623295	5147478	3101	LGF29/09	210	0	10	11	
			LGF30/09		0	18	7	Pegel nicht gefunden, unter Neuschnee Eis
			LGF31/09		0	11	8	Pegel nicht gefunden
623026	5146928	3226	LGF32/09	284	0	6	4	
			LGF33/09		0	22	10	nicht gefunden
623358	5147332	3135	LGF34/11	314	0	20	10	
623904	5147668	2921	LGF35/15	239	0	8	4	
623548	5146888	3234	AWS	183	0	20	10	ohne Verbinder
623446	5146621	3271	WP 57		12	15	10	
623737	5146425	3349	WP 59			22	9	sehr harter Firn vorhanden (2014??)
623696	5146571	3312	WP 60			22	12	sehr harter Firn vorhanden (2014??)
623694	5146654	3289	WP 61			25	12	sehr harter Firn vorhanden (2014??)
623607	5146803	3248	WP 62			26	12	Firn 2014, aber sicher keine Rücklage 2015/16
623500	5147325	3105	WP 72		46	20	11	Schneeschacht
623613	5147229	3111	WP 73		130	25	9	Schneeschacht
FEE					freies Ende über Eis			
Altschnee					Firnrücklagen			
S 15/16					Neuschnee aus Haushaltsjahr 2015/16			
S 16/17					Neuschnee aus Haushaltsjahr 2016/17			

Tab.13: Pegelprotokoll vom 04. Oktober 2016.

6.4 Die Akkumulationsschächte vom 04.10.2015/16

Schacht Pegel 23: Stephan Galos & Maria Siller, 04.10.2016						
GPS (WGS84, 32T)	RW: 623879	HW: 5146700	Alt: 3290			
Tiefe [cm]	r= [m]	l= [m]	V= [m³]			
90	0,0285	0,211	0,000538421			
Abstich	Füll_korr [cm]	Füllhöhe [m]	m [g]	offset [g]	m_korr [g]	rho [kg/m³]
Schnee Okt. horizontal	0	0,211	665	540	125	232
Schnee Sept.(horizontal)	-2	0,191	678	540	138	283
Firn	0	0,211	800	540	260	483
Ergebnisse:			Anmerkung:			
Dichte Neuschnee Oktober			Geht nicht in Analysen ein			
Dichte Neuschnee September			Wurde in den Analysen variiert. Mit Abnehmender Seehöhe höhere Dichte (bis 350 kg/m³)			
Dichte Firn 16: 483 kg/m³			Wurde aus beiden Messungen gemittelt und mit 500 kg/m³ angenommen			
Schicht	Dicke [cm]	rho [kg/m³]	WW [kg/m²]			
Schnee Oktober	8	232	19			
Schnee September	17	283	48			
Firn	34	500	170			
Summe 15/16			218			
Korrektur Schnee 14/15			143			
Massenbilanz 2015/16			75			
Anmerkung: Aufgrund von Zeit und Personalmangel bei der Abschlussbegehung wurden nur die Dichten der jeweiligen Schneeschichten bestimmt. Es wurden keine Gesamtastiche der Schneeschächte genommen.						

Tab.14: Der Dichteschacht bei Pegel 23 im Rahmen der Messungen zur Jahresbilanz am 04. Oktober.

Schacht WP72: Stephan Galos & Maria Siller, 04.10.2016						
GPS (WGS84, 32T)	RW: 623500	HW: 5147325	Alt: 3105			
Tiefe [cm]	r= [m]	l= [m]	V= [m³]			
77	0,0285	0,211	0,000538421			
Abstich	Füll_korr [cm]	Füllhöhe [m]	m [g]	offset [g]	m_korr [g]	rho [kg/m³]
Schnee Okt. horizontal	0	0,211	670	540	130	241
Schnee Sept.(vertikal)	0	0,211	700	540	160	297
Firn	0	0,211	820	540	280	520
Ergebnisse:			Anmerkung:			
Dichte Neuschnee Oktober: 241 kg/m³			Geht nicht in Analysen ein			
Dichte Neuschnee September: 297 kg/m³			Wurde in den Analysen variiert. Mit Abnehmender Seehöhe höhere Dichte (bis 350 kg/m³)			
Dichte Firn 16: 520 kg/m³			Wurde aus beiden Messungen gemittelt und mit 500 kg/m³ angenommen			
Schicht	Dicke [cm]	rho [kg/m³]	WW [kg/m²]			
Schnee Oktober	11	241	27			
Schnee September	20	297	59			
Firn	46	500	230			
Summe 15/16			289			
Korrektur Schnee 14/15			80			
Massenbilanz 2015/16			209			

Tab.15: Der Dichteschacht bei Punkt WP72 im Rahmen der Messungen zur Jahresbilanz am 04. Oktober.

Schacht P24: Stephan Galos & Maria Siller, 04.10.2016			
GPS (WGS84, 32T)	RW: 623510	HW: 5146678	Alt: 3266
Schicht	Dicke [cm]	rho [kg/m³]	WW [kg/m²]
Schnee Oktober	8	230	18
Schnee September	24	280	67
Firn	58	500	290
Summe 15/16			357
Korrektur Schnee 14/15			73
Massenbilanz 2015/16			284

Tab.17: Der Schneeschacht bei Pegel 24 im Rahmen der Messungen zur Jahresbilanz am 04. Oktober.

Schacht WP57: Stephan Galos & Maria Siller, 04.10.2016			
GPS (WGS84, 32T)	RW: 623446	HW: 5146620	Alt: 3270
Schicht	Dicke [cm]	rho [kg/m³]	WW [kg/m²]
Schnee Oktober	10	230	23
Schnee September	15	280	42
Firn	12	500	60
Summe 15/16			102
Korrektur Schnee 14/15			75
Massenbilanz 2015/16			27

Tab.18: Der Schneeschacht bei Punkt WP57 im Rahmen der Messungen zur Jahresbilanz am 04. Oktober.

Schacht WP73: Stephan Galos & Maria Siller, 04.10.2016			
GPS (WGS84, 32T)	RW: 623613	HW: 5147229	Alt: 3110
Schicht	Dicke [cm]	rho [kg/m³]	WW [kg/m²]
Schnee Oktober	9	241	22
Schnee September	25	297	74
Firn	130	500	650
Summe 15/16			724
Korrektur Schnee 14/15			90
Massenbilanz 2015/16			634

Tab.19: Der Schneeschacht bei Punkt WP73 im Rahmen der Messungen zur Jahresbilanz am 04. Oktober.

7 Literatur

Cogley, J.G., R. Hock, L.A. Rasmussen, A.A. Arendt, A. Bauder, R.J. Braithwaite, P. Jansson, G. Kaser, M. Möller, L. Nicholson and M. Zemp, 2011: Glossary of Glacier Mass Balance and Related Terms, IHP-VII Technical Documents in Hydrology No. 86, IACS. Contribution No. 2, UNESCO-IHP, Paris.

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, Gurgiser, W., Mölg, T. and Kaser, G.(2015): Reanalysis of a ten year record (2004-2013) of seasonal mass balances at Langenferner / Vedretta Lunga, Ortler-Alps, Italy, *The Cryosphere Discussions* (submitted).

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.