

---

# HINTEREIS- und KESSELWANDFERNER

## MASSENHAUSHALTSTUDIEN

---

Abschlussbericht über das Haushaltsjahr 2016/17  
- inklusive der Auswertungen der Totalisatoren im Rofental



*Der Hintereisferner am 29.08.2017. Foto: Lindsey Nicholson.*

 universität  
innsbruck  
Institut für Atmosphären- und  
Kryosphärenwissenschaften

Gefördert von   
tirol  
Unser Land

---

# HINTEREIS- und KESSELWANDFERNER

---

---

# MASSENHAUSHALTSSTUDIEN

---

## Abschlussbericht über das Haushaltsjahr 2016/17

Innsbruck, im Dezember 2017

im Auftrag von und gefördert durch:  
Hydrographischer Dienst der Abteilung Wasserwirtschaft des Amtes der Tiroler Landesregierung  
Herrengasse 1–3  
A-6020 Innsbruck/Austria

Zusätzliche finanzielle Mittel wurden durch das Rektorat sowie durch das Institut für Atmosphären- und Kryosphärenwissenschaften der Universität Innsbruck erbracht.

Projektleitung: Univ. Prof. Dr. Georg Kaser  
Koordination der Feldarbeiten, Auswertungen und Bericht: Dr. Irmgard Juen

Kontakt: Institut für Atmosphären- und Kryosphärenwissenschaften der Universität Innsbruck  
Innrain 52, 6020 Innsbruck  
E-mail: [georg.kaser@uibk.ac.at](mailto:georg.kaser@uibk.ac.at)  
[irmgard.juen@uibk.ac.at](mailto:irmgard.juen@uibk.ac.at)  
Tel.: (+43) 0512 507 54457  
Fax.: (+43) 0512 507 54599

Das Institut für Atmosphären- und Kryosphärenwissenschaften<sup>1</sup> der Universität Innsbruck erhebt seit 1952 den Massenhaushalt des Hintereis- und seit 1965 den Massenhaushalt des Kesselwandferners unter Anwendung der direkten glaziologischen Methode.

Der vorliegende Bericht ist eine Zusammenfassung der Arbeiten und Ergebnisse aus dem hydrologischen Haushaltsjahr 2016/17.

---

<sup>1</sup> Bis 2015: Institut für Meteorologie und Geophysik

---

## Inhaltsverzeichnis

---

A.	Zusammenfassung.....	A-1
B.	Einleitung.....	B-1
B.1	Lage des Untersuchungsgebietes.....	B-1
B.2	Methodik.....	B-1
B.3	Messnetz.....	B-5
C.	Analysen und Ergebnisse.....	C-1
C.1	Witterung im Haushaltsjahr.....	C-1
C.2	Massenbilanz Hintereisferner.....	C-4
C.2.1	Winterbilanz.....	C-4
C.2.2	Jahresbilanz.....	C-7
C.3	Massenbilanz Kesselwandferner.....	C-14
C.4	Totalisatoren im Rofental.....	C-19
C.5	Literaturverzeichnis.....	C-20
C.6	Verzeichnis verwendeter Akronyme und Symbole.....	C-21
D.	Anhang.....	D-1
D.1	Geleistete Arbeiten.....	D-1
D.1.1	Feldkampagnen.....	D-1
D.1.2	Messungen und Analysen.....	D-1
D.2	Dokumentation der Feldarbeiten am Hintereisferner und am Kesselwandferner.....	D-3
D.2.1	Feldkampagne 05. – 06.05.2017 – Winterbilanz am HEF.....	D-3
D.2.2	Feldkampagne Pegelablesung HEF und KWF 13.07.2017.....	D-9
D.2.3	Feldkampagne Firnpegel bohren am HEF am 08.08.2017.....	D-11
D.2.4	Feldkampagne Pegelbohren am HEF 21.-22.08.2017.....	D-12
D.2.5	Feldkampagne Pegelbohren am KWF am 30.8.2017.....	D-15
D.2.6	Feldkampagne Jahresabschluss am HEF am 04-05.10.2017.....	D-17
D.2.7	Feldkampagne Jahresabschluss am KWF am 04.10.2017.....	D-21
D.3	Dokumentation sonstiger Feldarbeiten in Vent und im Rofental.....	D-24
D.4	Dokumentation der Analyse der Niederschlagsgradienten im Rofental.....	D-25

## A. ZUSAMMENFASSUNG

Für den **Hintereisferner** brachte das Haushaltsjahr 2016/17 mit **-1826 mm w.e.**<sup>2</sup> (Tabelle 1) eine der negativsten Massenbilanz seit Beginn der Aufzeichnungen. Nur im Haushaltsjahr 2002/2003 und 2014/2015 wurde eine noch negativere Bilanz gemessen (Abbildung 1). Durch den schneearmen Winter war die Albedo der Gletscheroberfläche bereits im Frühsommer niedrig, der Gletscher bereits Anfang Mai größtenteils schneefrei. Ende August waren auch die höchsten Firnregionen ungeschützt der Ablation ausgesetzt. Schneefälle und teils ergiebige Neuschneemengen (bis zu 90 cm in den oberen Bereichen) bereits Anfang September verhinderten eine noch viel negativere Massenbilanz. Die kumulative Entwicklung der Massenbilanzreihe ist in Abbildung 2 dargestellt. Die ELA liegt 2016/17 deutlich über dem Gipfelbereich, es wurden lediglich kleine Flächen als ausgeglichen und keine mit positiven Werten ausgewiesen.

Tabelle 1: Kennzahlen des Bilanzjahres 2016/17 für den Hintereisferner<sup>3</sup>.

		Winter		Sommer		gesamtes Jahr	
	<b>Fläche</b> [10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> ]	<b>BW</b> [m <sup>3</sup> w.e.]	<b>bW</b> [kg/m <sup>2</sup> ]	<b>BS</b> [m <sup>3</sup> w.e.]	<b>bS</b> [kg/m <sup>2</sup> ]	<b>B</b> [m <sup>3</sup> w.e.]	<b>b</b> [kg/m <sup>2</sup> ]
	<b>6659</b>	<b>5938007</b>	<b>892</b>	<b>-18096524</b>	<b>-2718</b>	<b>-12158517</b>	<b>-1826</b>
<b>SC [10<sup>3</sup> m<sup>2</sup>]</b>	<b>215</b>		<b>BC [m<sup>3</sup> w.e.]</b>	<b>0</b>		<b>bC [kg/m<sup>2</sup>]</b>	<b>0</b>
<b>SA [10<sup>3</sup> m<sup>2</sup>]</b>	<b>6444</b>		<b>BA [m<sup>3</sup> w.e.]</b>	<b>-12158517</b>		<b>bA [kg/m<sup>2</sup>]</b>	<b>-1887</b>
<b>ELA</b>	<b>none</b>	m a.s.l.	<b>SC/SA</b>	<b>0,033</b>		<b>AAR</b>	<b>0,032</b>
Berechnung von SC/SA und AAR unter der Annahme dass Flächen mit der Bilanz 0 als positiv gewertet werden, ansonsten beide Werte 0!							

<sup>2</sup> Eine Liste der Akronyme und Symbole findet sich in Kapitel C.6.

<sup>3</sup> Die Werte für HEF und KWF werden den internationalen Gepflogenheiten entsprechend an das World Glacier Monitoring Service (WGMS) berichtet und damit der wissenschaftlichen Gemeinschaft zugänglich gemacht. Basis- und Zwischenwerte werden bei Anfrage und für wissenschaftliche Verwendung von ACINN zur Verfügung gestellt.

Für den **Kesselwandferner** brachte das Haushaltsjahr 2016/17 mit **-1054 mm w.e.** ebenfalls die dritt-negativste Massenbilanz seit Messbeginn (Abbildung 1 und Tabelle 2). Auch hier war die Ausaperung Ende August bis in die höchsten Regionen fortgeschritten und die Firnflächen der Ablation ausgesetzt. Die ELA liegt über dem Gipfelniveau und keine Flächenanteile zeigen positive Werte.

Tabelle 2: Kennzahlen des Bilanzjahres 2016/17 für den Kesselwandferner

	gesamtes Jahr				
	Fläche [10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> ]	B [m <sup>3</sup> w.e.]	b [kg/m <sup>2</sup> ]		
	<b>3608</b>	<b>-3801949</b>	<b>-1054</b>		
SC [10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> ]	441		BC [m <sup>3</sup> w.e.]	0	bC [kg/m <sup>2</sup> ]
SA [10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> ]	3167		BA [m <sup>3</sup> w.e.]	-3801949	bA [kg/m <sup>2</sup> ]
ELA	none	m.a.s.l	SC/SA	0,139	AAR
Berechnung von SC/SA und AAR unter der Annahme dass Flächen mit der Bilanz 0 als positiv gewertet werden, ansonsten beide Werte 0!					

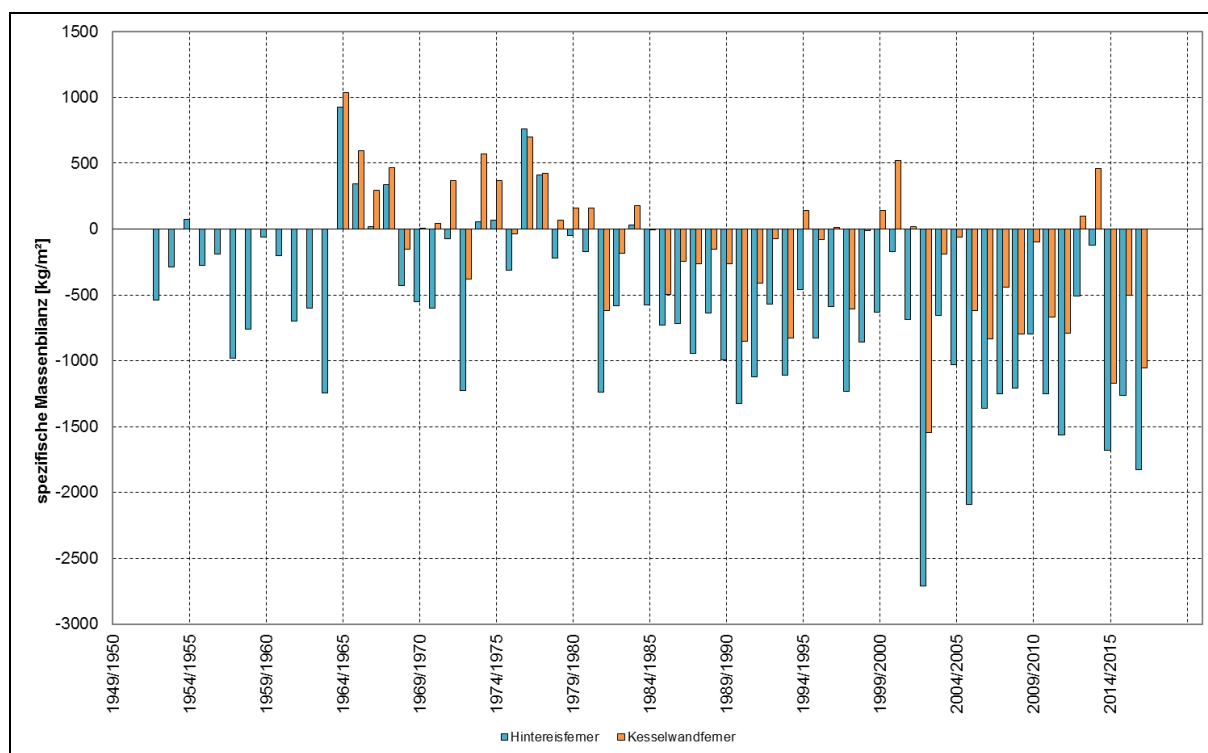


Abbildung 1: Die Massenbilanzreihen des Hintereis- und Kesselwandfernens (Quelle: ACINN). Die Bilanzjahre 2001 – 2011 wurden für den HEF nach Klug et. al., 2017 korrigiert.

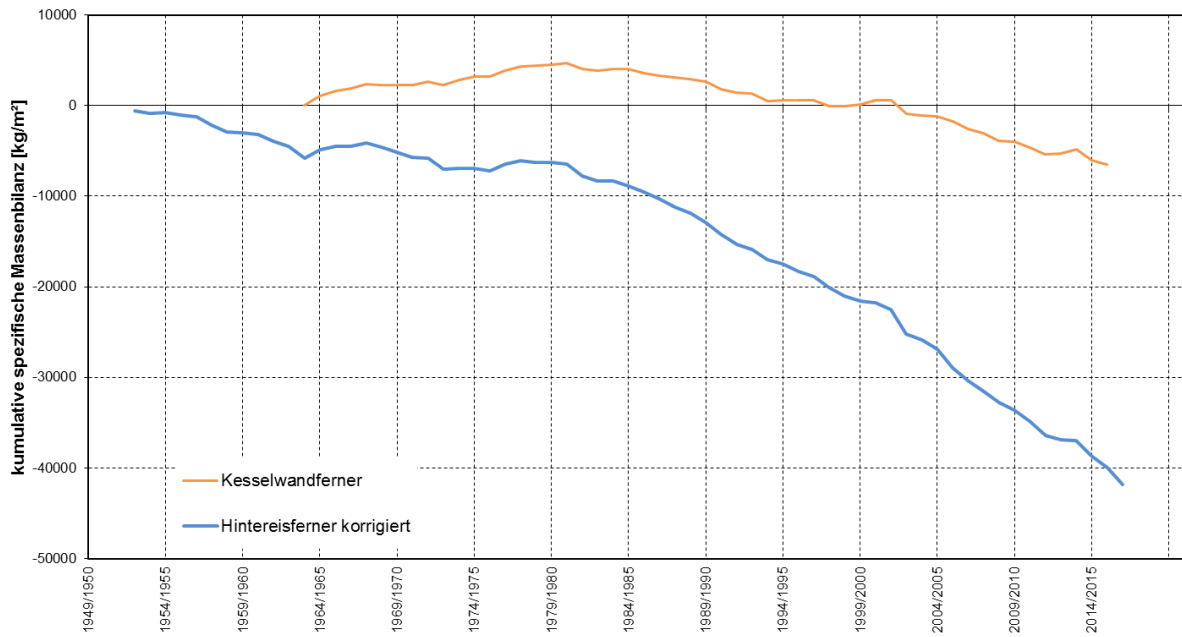


Abbildung 2: Die kumulativen Massenbilanzreihen des Hintereis- und Kesselwandferners (Quelle: ACINN). Die Massenbilanz am HEF wurde nach Klug et, al., 2017 korrigiert.

## B. EINLEITUNG

### B.1 Lage des Untersuchungsgebietes

Der Hintereisferner (HEF) und der Kesselwandferner (KWF) liegen im Rofental (Abbildung 3), einem Seitental des Ötztals und entwässern über die Rofenache in die Venter Ache, die Ötztaler Ache und den Inn.

Der HEF erstreckt sich in ca. 6,5 km Länge von der Weißkugel (3739 m) in nord-östliche Richtung ins Rofental und endet auf 2454 m (2013). Zu seiner Ausdehnung werden die im unteren Teil nicht mehr mit der Hauptzunge des HEF verbundenen Gletscherteile des Stationsferners (SF) und des Langtaufererjochferners (LJF) gezählt.

Der KWF liegt nordöstlich des HEF. Den höchsten Punkt seines Einzugsgebiets bildet der Fluchtkogel (3497 m). Im Unterschied zum HEF besitzt der KWF ein ausladendes, südost-exponiertes und hohes Firnbecken und eine steile, schmale Zunge. Er grenzt mit einer Eisscheide an den westlich angeschlossenen Gepatschferner.

Der HEF und der KWF sind Gegenstand jahrzehntelanger glaziologischer Forschung am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck. Ihre seit 1952/53 (HEF) und seit 1965/66 (KWF) aufgezeichneten Massenbilanzreihen zählen zu den längsten weltweit (Abbildung 1 und 2).

### B.2 Methodik

Zur Bestimmung der Massenbilanz wird die direkte glaziologische Methode mit fixem Datum [z.B. *Hoinkes, 1970; Cogley et al., 2011*] angewandt. Die Massenbilanz eines Gletschers wird dabei anhand von Messungen an ausgewählten Punkten der Gletscheroberfläche ermittelt. Diese Messungen erfolgen im Ablationsgebiet an Pegelstangen, welche in das Gletschereis gebohrt sind, und im Akkumulationsgebiet in Schneeschächten (zur Messung der Schneedichte), die durch räumlich verteilte Schneehöhensondierungen ergänzt werden. Der Zeitraum der Messung umfasst ein hydrologisches Haushaltsjahr, jeweils vom 01.10. bis zum 30.09. des Folgejahres (mittlerer Breiten der Nordhemisphäre). Das natürliche Massenhaushaltsjahr ist als die Zeitspanne von einem Massenminimum des Gletschers zum nächsten im darauf folgenden Spätsommer/Herbst definiert und kann vom hydrologischen Haushaltsjahr mehr oder weniger stark abweichen. Aufgrund der Höhenerstreckung des Gletschers und der damit verbundenen unterschiedlich langen Ablationsperioden ist die Definition des Zeitpunktes des Massenminimums des Gesamtgletschers schwierig und unscharf. Daher wird nur bei starken Abweichungen und operationeller Möglichkeit die natürliche Massenbilanz zusätzlich zu der im hydrologischen Haushaltsjahr ermittelt. Beim Aufsummieren der Massenänderungen über mehrere Jahre verschwinden eventuelle Unterschiede zwischen natürlichem und hydrologischem Haushaltsjahr.

Um eine höhere zeitliche Auflösung v.a. des Ablationsverlaufes zu erhalten, aber auch zur laufenden Zustandskontrolle der Pegel, werden diese während des Sommers mehrmals, in jedem Fall aber bei der Abschlussbegehung nahe dem 30.09 abgelesen. Zusätzlich wird am Ende der Akkumulationsperiode (01.10.-30.04.) die Winterbilanz mittels Schneehöhen- und Schneedichtemessungen ermittelt (nur am HEF). Die Werte werden jeweils in Höhe Wasseräquivalent (mm w.e.) oder, bei identischen Zahlenwerten, als Masse pro Einheitsfläche ( $\text{kg m}^{-2}$ ) angegeben.

Auch am KWF wird seit 2013/14 vom ACINN die oben beschriebene Methode angewandt. Vorher wurde die Massenbilanz durch das Messen der freien Enden der Pegel im Rahmen von Eisbewegungsmessungen entlang der zentralen Fließlinie ermittelt. Die Feldarbeiten hierfür fanden meist Ende August oder Anfang September statt. Eine Korrektur zum 30.09. erfolgte durch Übertragung von Ablations-, Akkumulations- und Dichtewerten vom HEF. Eine Messkampagne zum Ende des Haushaltsjahres am KWF vermeidet nun diese Unsicherheiten und erlaubt zudem eine differenzierte Analyse der räumlichen Verteilung der Massenbilanz.

Die Analyse der Linien gleicher Bilanzwerte erfolgt händisch, meist in einer Äquidistanz von 250 mm w.e., und gestützt auf die gemessenen Punktwerte und Informationen zur Ausdehnung von Altschneerücklagen aus der Fotodokumentation. Diese Linien werden digitalisiert und in einem Geoinformationssystem mit der Gletscherfläche, aufgeteilt in Höhenstufen mit 50 m Äquidistanz, verschnitten und ausgewertet.

Die mittlere flächenspezifische Bilanz  $b$  ergibt sich formal aus dem Quotienten der Gesamtmassenänderung  $B$  und der Gesamtfläche  $S$ . Die Gesamtfläche wird in Flächen mit Netto-Akkumulation  $S_C$  und Flächen mit Netto-Ablation  $S_A$  unterteilt. Die Bilanzen dieser Teilflächen lauten  $B_C$  und  $B_A$  mit den entsprechenden mittleren spezifischen Bilanzen  $b_C$  und  $b_A$ . Die Accumulation Area Ratio (**AAR**) bezeichnet das Verhältnis  $S_C$  zu  $S$ .

$$\begin{aligned} S &= S_C + S_A & [\text{m}^2] & & b_C &= B_C/S_C & [\text{mm w.e.} \equiv \text{kg m}^{-2}] \\ B &= B_C + B_A & [\text{m}^3 \text{ w.e.} \equiv 10^3 \text{ kg}] & & b_A &= B_A/S_A & [\text{mm w.e.} \equiv \text{kg m}^{-2}] \\ b &= B/S & [\text{mm w.e.} \equiv \text{kg m}^{-2}] & & \text{AAR} &= S_C/S & \end{aligned}$$

Aus den Schneeschächten zu Ende des Winters (30.04.) und den Sondierungen der Schneehöhe wird die Winterbilanz ( $B_W$ ,  $b_W$ ) und in Folge Sommerbilanz ( $B_S$ ,  $b_S$ ) als Differenz zwischen Jahres- und Winterbilanz berechnet.

$$b_S = b - b_W \quad [\text{mm w.e.} \equiv \text{kg m}^{-2}] \quad \quad B_S = b_S \cdot S \quad [\text{m}^3 \text{ w.e.} \equiv 10^3 \text{ kg}]$$

Die Bilanzwerte ( $b_z$ ) nach Höhenstufen aufgetragen führen zum vertikalen Bilanzprofil (VBP). Die Höhe der Gleichgewichtslinie (ELA) definiert sich als niedrigster Schnittpunkt des VBP mit der  $b = 0$ -Achse.



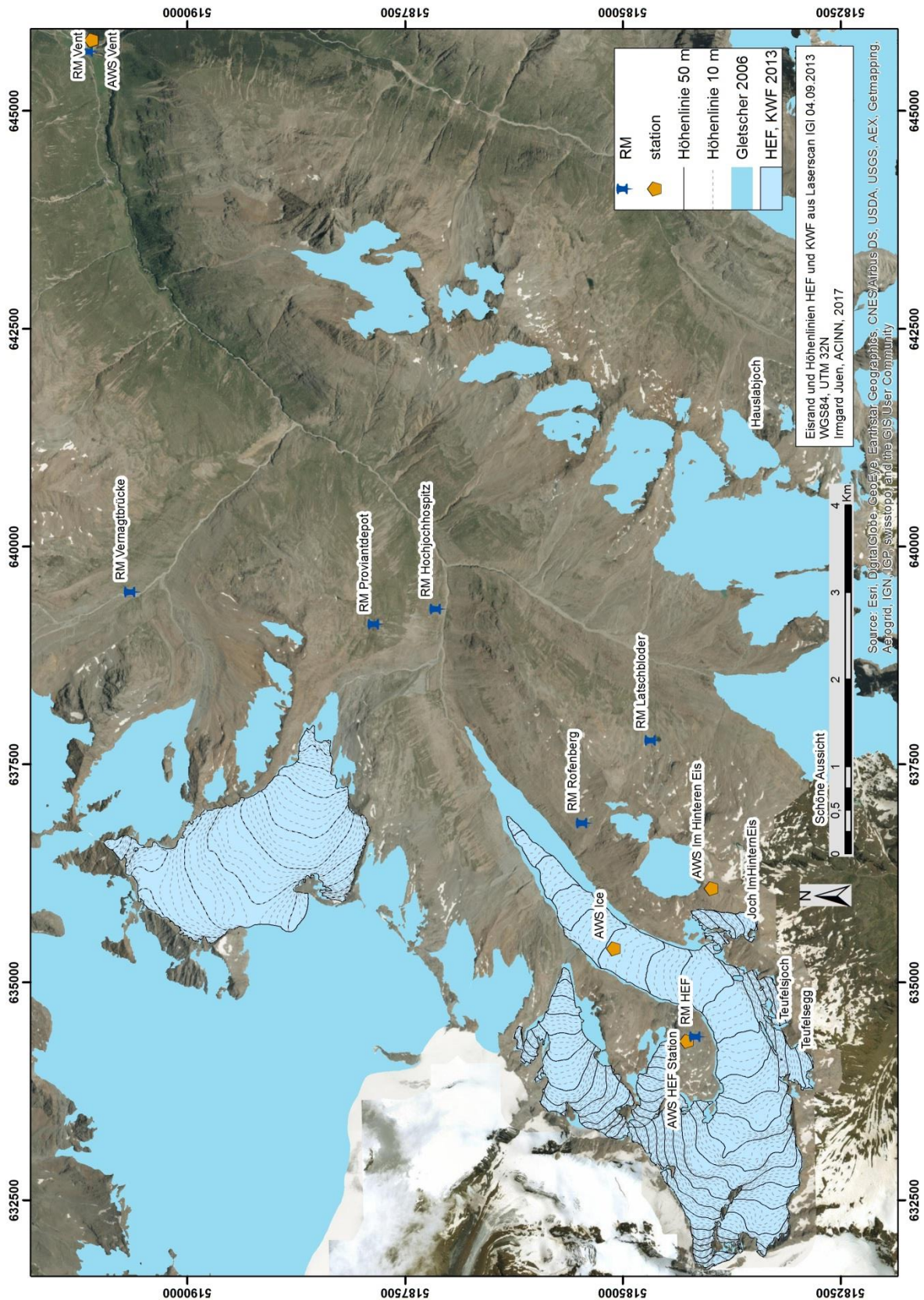


Abbildung 3: Übersichtskarte Rofental mit der Lage der Gletscher, Regenmesser (RM) und automatischen Wetterstationen (AWS). Der Laserscan befindet sich bei der AWS Im Hinteren Eis.

Zusätzlich zur glaziologischen Massenbilanz wurde für die Jahre 2001 – 2011 (Klug et al., 2017) und das aktuelle Massenbilanzjahr 2016/17 die geodätische Massenbilanz ausgewertet. Grundlage dafür sind digitale Geländemodelle von Laserscans zu unterschiedlichen Zeitpunkten (air borne laser scan – ALS). Die daraus resultierende Volumenänderung wird mit unterschiedlichen Dichtewerten für Eis ( $900 \text{ kg/m}^3$ ) und Firn ( $700 \text{ kg/m}^3$ ) in eine Massenänderung umgerechnet (Klug et al., 2017). Die Auswertung der geodätischen Massenbilanz ergab in Einzeljahren deutliche Unterschiede in der Massenbilanz (Abbildung 4), vor allem in den Jahren 2002/2003 (glaziologisch – geodätisch:  $+0,92 \text{ m w.e.}$ ) 2005/2006 ( $+0,60 \text{ m w.e.}$ ) und 2006/2007 ( $-0,45 \text{ m w.e.}$ ). Für alle künftigen Darstellungen werden die mithilfe der geodätischen Messungen korrigierten Massenbilanzen verwendet.

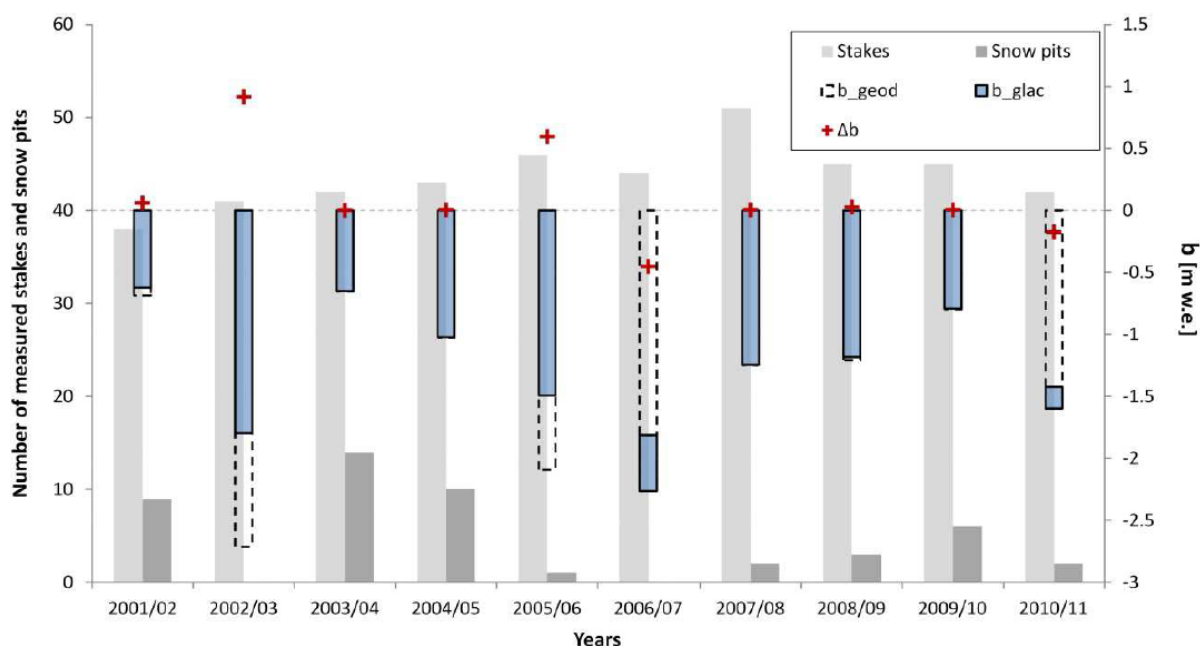


Abbildung 4: Vergleich der glaziologischen ( $b_{glac}$ ) und geodätischen ( $b_{geod}$ ) Massenbilanz am HEF (und deren Differenz  $\Delta b$ ) für die Jahre 2001 – 2011. Die hellgrauen Balken geben die Zahl der Pegel (Stakes), die dunkelgrauen Balken die der Schneeschächte (Snow pits) für die Auswertung der glaziologischen Massenbilanz an. Grafik aus Klug, et al., 2017.

Im September 2016 wurde im Hinteren Eis ein permanenter Laserscan und im Laufe des Sommers 2017 eine automatische Wetterstation (AWS Im Hinteren Eis, Abbildung 3) installiert. Zeitnahe Aufnahmen der Gletscheroberfläche mit den Messungen der Massenbilanz erlauben einen Vergleich der gemessenen (glaziologischen Bilanz) Massenbilanz mit der Höhenänderung aus den beiden Laserscans (geodätische Bilanz) für die Winter- als auch die Jahresbilanz. Bei der Winterbilanz wurde der Höhenzuwachs pro Höhenstufe durch die Umrechnung der mittleren Höhenänderung zwischen beiden Laserscans (29.09.2016-29.4.2017) mit der mittleren Dichte der jeweiligen Höhenstufe aus den Schneeschächten ( $350\text{-}370 \text{ kg/m}^2$ ) in mm w.e. umgerechnet. Für die Jahresbilanz wurde die mittlere Höhendifferenz aus den beiden Laserscans am Ende der Haushaltsjahre (29.9.2019 – 14.10.2017) bis 3.000 m a.s.l. mit der Dichte von Eis ( $900 \text{ kg/m}^2$ ) und über 3.250 m a.s.l. mit der in

zwei Herbstschächten gemessenen Dichte von Firn ( $550 \text{ kg/m}^3$ ) multipliziert. Eine ausführliche Diskussion der Vergleichbarkeit der beiden Methoden findet sich in Klug et.al. (2017).

### B.3 Messnetz

Da noch keine vollständige Auswertung der aktuellen Gletscherflächen aus den Laserscans in der vergangenen Untersuchungsperiode vorliegt wurde für das Haushaltsjahr 2016/17 weiterhin die Flächenausdehnung von 2013 verwendet. Eine jährliche Korrektur der Gletscherflächen ergibt nur eine geringe Änderung der gesamten Massenbilanz von  $-0.015$  bis  $+0.039 \text{ m w.e.}$  was deutlich unterhalb der Messgenauigkeit von  $\pm 0,21 \text{ m w.e.}$  liegt (Klug et. al., 2017). Durch die Auswertung der Laserscans ist im nächsten Jahr eine Angleichung der Gletscherflächen geplant.

Das Messnetz am HEF (Abbildung 5) umfasst Schneeschächte und Ablationspegel. Die Schneeschächte werden zur Bestimmung der Winterbilanz und der Massenrücklage am Ende des Haushaltsjahres an mehr oder weniger denselben Stellen gegraben. Die Anzahl der Schächte hängt von der Schneelage und der herrschenden Witterung ab. Die Ablation wird an den Ablationspegeln gemessen, die von repräsentativen Standorten aus eine flächenhafte Interpolation der Massenänderung erlauben. Die Positionen der Pegel entlang der zentralen Fließlinie werden bei jeder Ablesung oder zumindest jährlich mit DGPS-Messungen bestimmt. Im Sommer 2017 wurden aufgrund der starken Ausaperung in den Firngebietern einige neue Pegel zur Erfassung der Firnablation gebohrt.

Die Ausaperung am HEF wurde durch während der Ablesungen und einem Überflug am Ende der Ausaperungsperiode (29.8.2017) gemachten Fotos dokumentiert. Für die folgenden Jahre sollten die Bilder der automatischen Kamera bei der AWS im Hinteren Eis (Abbildung 3) eine wertvolle Ergänzung darstellen.

Zusätzlich betreibt das ACINN drei automatische Wetterstationen im Rofental: in Vent (zur Messung der Lufttemperatur und des Niederschlages), an der Station Hintereis (AWS HEF Station, Luftdruck, Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und -richtung, Strahlungskomponenten und Schneehöhe, im Herbst 2017 wurde auch hier eine Niederschlagswaage installiert) und seit 02.08.2014 auch wieder auf der Gletscheroberfläche (Luftdruck, Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und -richtung, Strahlungskomponenten und Schneehöhe). Komplementär dazu wird ein Netzwerk aus 7 Niederschlagstotalisatoren betreut. Die Station Hintereis (3026 m) des ACINN dient als Unterkunft während der Feldkampagnen (Abbildung 3).

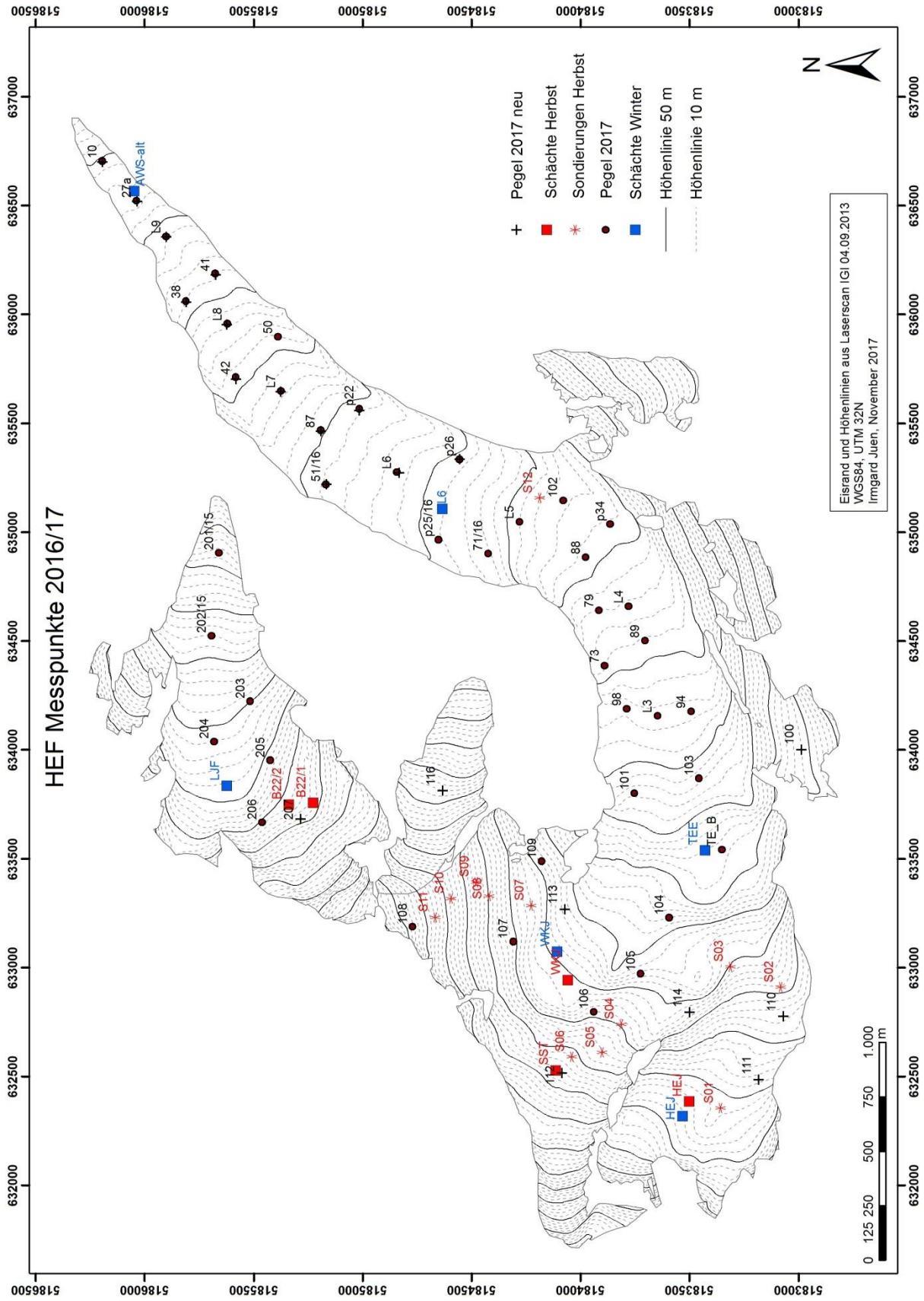


Abbildung 5: Messpunkte am HEF im Haushaltsjahr 2016/17

Das Messnetz am KWF (Abbildung 6) wurde im Haushaltsjahr 2013/14 vom ACINN komplett neu aufgesetzt. Dabei wurden die Ablationspegel in der Nähe der bestehenden Pegel zur Bewegungsmessung gebohrt, zusätzlich aber auch über die Gletscherfläche verteilt. Im Haushaltsjahr 2014/15 wurde das Pegelnetz weiter ausgebaut und die Anzahl der Ablationspegel am KWF auf 19 erhöht. Im August 2017 wurde ein zusätzlicher Pegel gebohrt und die Position von mehreren Pegeln leicht verändert um eine bessere Abdeckung zu erlangen. Zur Bestimmung der Rücklagen wurden bei der Abschlussbegehung am 04.10.2017 drei Schneeschächte angelegt.

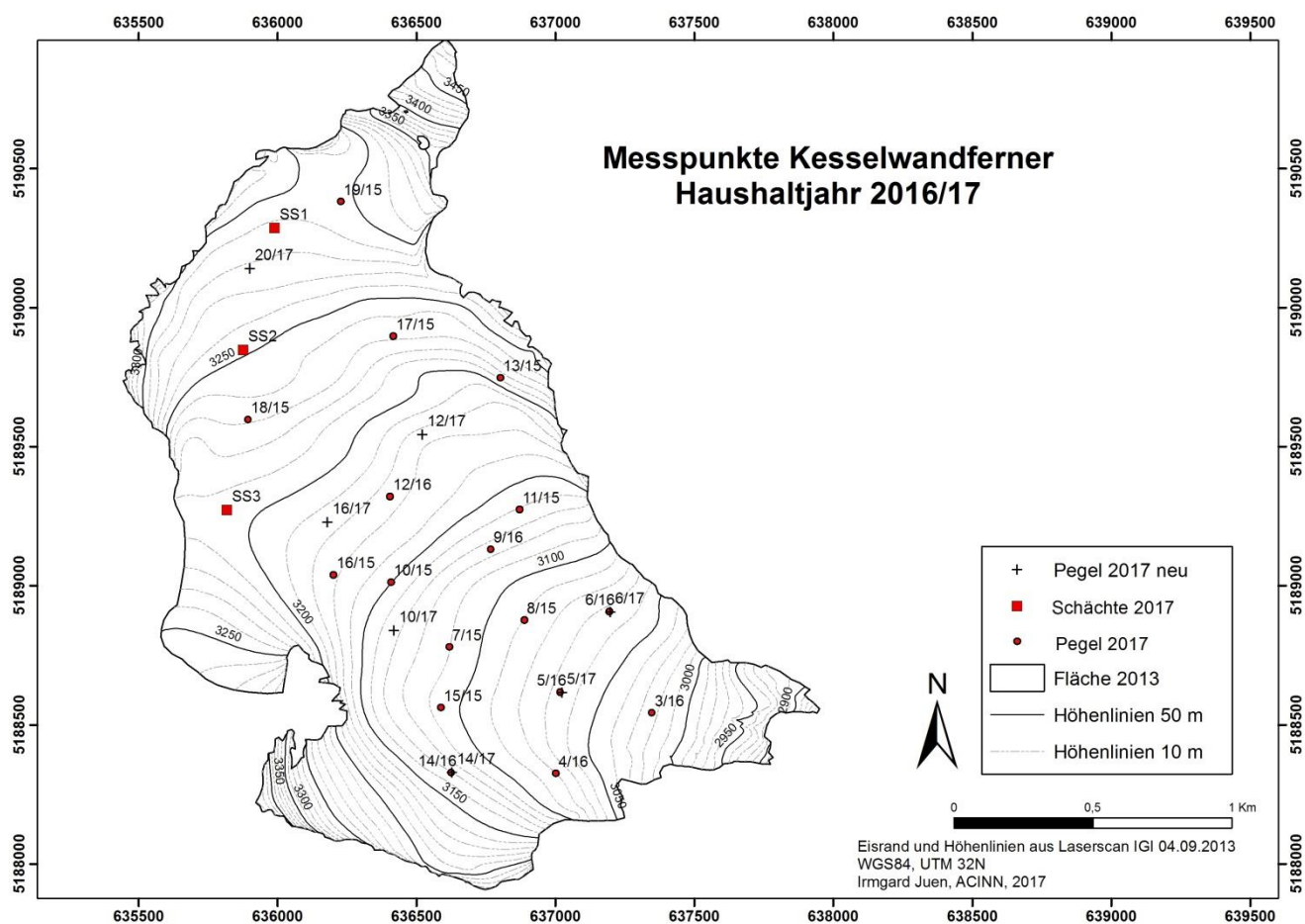


Abbildung 6: Messpunkte am KWF im Haushaltsjahr 2016/17.

---

## C. ANALYSEN UND ERGEBNISSE

### C.1 Witterung im Haushaltsjahr

Auf den Massenhaushalt eines Alpengletschers haben drei meteorologische Faktoren besonderen Einfluss [z.B. *Hoinkes und Steinacker, 1975*]:

1. Der feste Niederschlag sorgt im Winterhalbjahr für den Großteil der Akkumulation,
2. die Temperatur der Umgebungsluft steht während der Sommermonate für das Wärmeangebot,
3. die Anzahl und Menge der Neuschneefälle während des Sommers kann Schmelzvorgänge maßgeblich unterbrechen und zur Nettoakkumulation beitragen.

Durch automatische Aufzeichnungen an der Wetterstation in Vent und in situ Beobachtungen während der Feldkampagnen können diese Faktoren quantifiziert werden. Die Winterniederschläge Oktober – April 2016/17 liegen deutlich unter dem langjährigen Mittel (1906-2005, Tabelle 3). Dabei fällt – wie auch im Vorjahr – vor allem der sehr trockene Dezember mit nur  $\frac{1}{4}$  des Niederschlags vom langjährigen Mittel auf. Die geringen Winterniederschläge führten zu einer relativ geringen Winterakkumulation und einer sehr frühen Ausaperung bis in hohe Lagen. Im Sommerhalbjahr lagen die Niederschläge in allen Monaten deutlich über dem langjährigen Mittel was zu einem überdurchschnittlichen Gesamtniederschlag führte. Die Temperatur übersteigt das langjährige Mittel um 2.3 °C, wobei die positive Abweichung im Sommerhalbjahr deutlich höher liegt als im Winterhalbjahr (Tabelle 3). Aufgrund der relativ hohen Temperaturen im Sommerhalbjahr war die Schneefallgrenze meist deutlich über dem Gipfelniveau und es waren keine nennenswerten Neuschneefälle auf dem Gletscher zu verzeichnen. Bis Ende August war das Gletschereis aper und die ausgeaperten Firnflächen waren ungeschützt der Ablation ausgesetzt. Erst die relativ tiefen Temperaturen und Schneefälle im September bremsten die Ablation ein und verhinderten eine neue negative Rekordbilanz.

Der langfristige Trend der Lufttemperatur (Station Vent 1.908 m a.s.l., Abbildung 7) zeigt einen starken Anstieg der Sommertemperatur speziell in den letzten 2 Jahrzehnten der sich in einem Anstieg der Jahrestemperatur widerspiegelt. Der Anstieg der Wintertemperatur ist ebenfalls erkennbar, jedoch deutlich geringer als der Anstieg in der Sommertemperatur. Die Niederschlagsvariabilität von Jahr zu Jahr ist sehr hoch und zeigt keine eindeutigen Trends.

Tabelle 3: Monatsmittel der Lufttemperatur und Monatssummen des Niederschlages an der Station Vent, 2016/17 im Vergleich zum langjährigen Mittel von 1906-2005.

Monat	Lufttemperatur [°C]			Niederschlag [mm]		
	2016 - 2017	1906 - 2005	Abweichung	2016- 2017	1906-2005	Abweichung
Oktober	3,0	3,1	-0,2	50,1	52,4	-2,3
November	-0,7	-2,3	1,6	36,0	50,4	-14,4
Dezember	-2,2	-5,5	3,3	9,0	40,3	-31,3
Jänner	-8,1	-6,7	-1,4	46,0	38,7	7,3
Februar	-1,9	-6,1	4,2	25,0	34,6	-9,6
März	0,5	-3,2	3,7	43,0	38,3	4,7
April	2,2	0,2	2,0	35,0	43,9	-8,9
<b>Winter</b>	<b>-1,0</b>	<b>-2,9</b>	<b>1,9</b>	<b>244,1</b>	<b>298,6</b>	<b>-54,5</b>
Mai	8,2	4,9	3,3	81,0	61,6	19,4
Juni	13,4	8,1	5,3	111,0	79,2	31,8
Juli	12,8	9,9	2,9	110,0	87,8	22,2
August	13,3	9,5	3,8	146,0	90,9	55,1
September	5,8	6,9	-1,1	96,2	61,9	34,3
<b>Sommer</b>	<b>10,7</b>	<b>7,9</b>	<b>2,8</b>	<b>544,2</b>	<b>381,4</b>	<b>162,8</b>
<b>Hydr. Jahr</b>	<b>3,9</b>	<b>1,6</b>	<b>2,3</b>	<b>788,3</b>	<b>680,0</b>	<b>108,3</b>

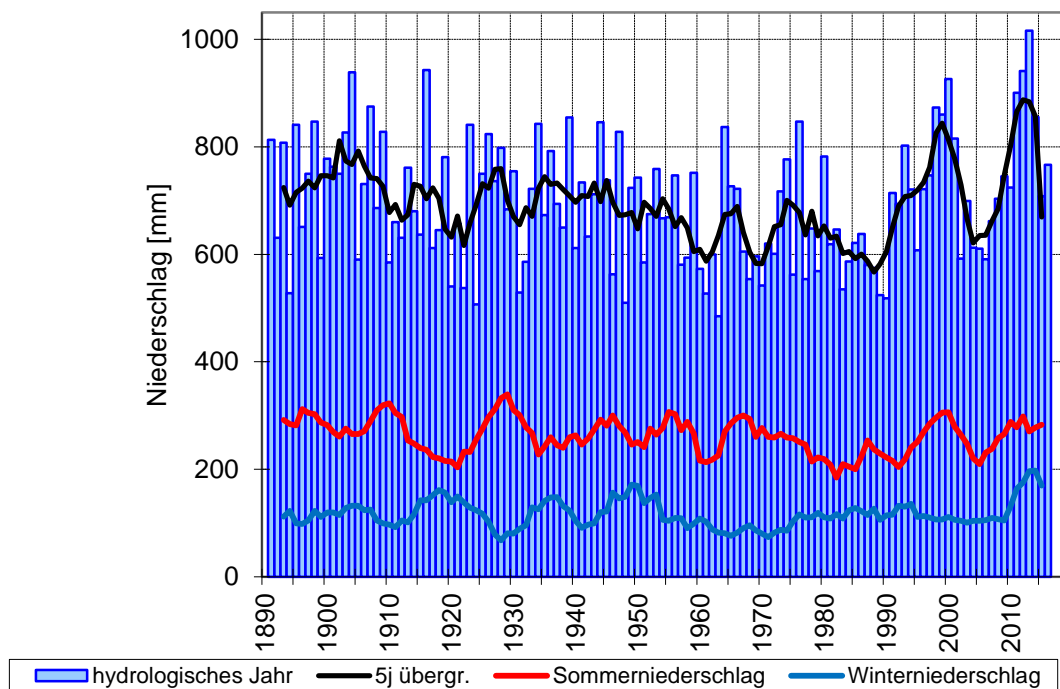
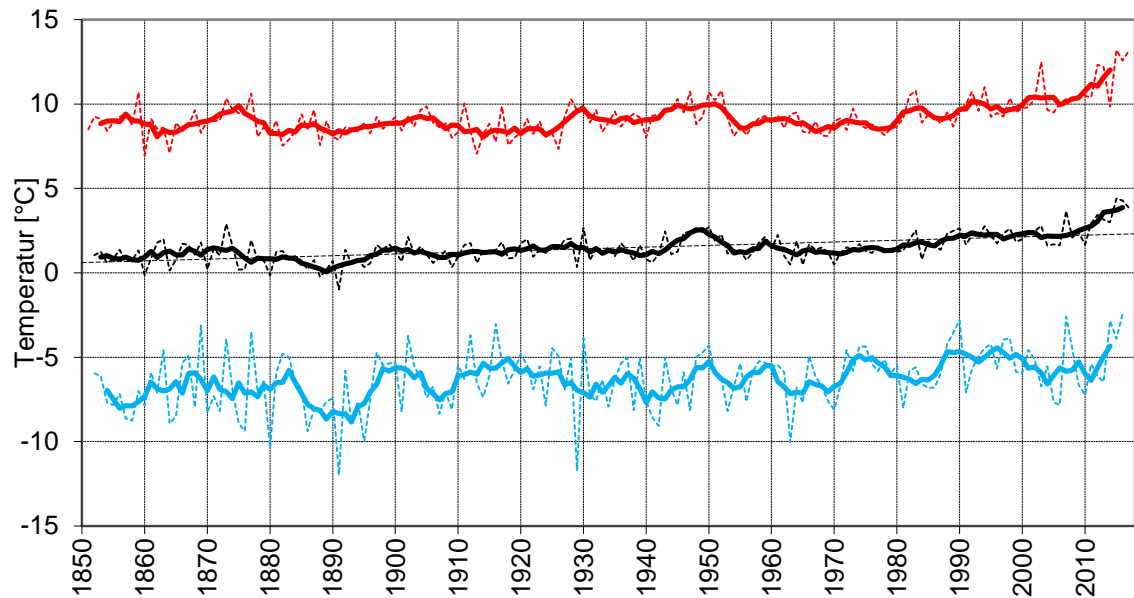


Abbildung 7: Mittelwerte der Temperatur (oben) und Niederschlagssummen (unten) gemessen an der Station Vent (1908 m a.s.l.). Die Jahreswerte beziehen sich jeweils auf das hydrologische Jahr (1.10.-30.9.). Die obere Grafik zeigt die Tagesmaxima (rot), Tagesmittel (schwarz) und die Tagesminima (blau) der Einzeljahre (gestrichelt) und als 5-jähriges übergreifendes Mittel (dicke Linie). Bei den Niederschlagssummen (unten) zeigen die dicken Linien das übergreifende Mittel (5 Jahre) der Jahressummen (schwarz), rot bezieht sich auf die Summe der Niederschläge während der Sommermonate (J,J,A) und blau während der Wintermonate (D,J,F).



## C.2 Massenbilanz Hintereisferner

### C.2.1 Winterbilanz

Die Messungen zur Erstellung der Winterbilanz 2016/17 wurde am 05.+06.05.2017 durchgeführt. Neuschneemengen nach dem 30.4. wurden für die Winterbilanz abgezogen. Diese lagen im Zungenbereich bei 0-10 cm, in den höheren Regionen bei bis zu 60 cm. Das Massenmaximum wurde vermutlich nach diesen Schneefällen Anfang Mai erreicht. Nach dem schneearmen Winter waren die Südhänge bereits Anfang Mai 2017 schneefrei (Abbildung 9).

149 Schneehöhenmesspunkte und sechs Schneeschächte (5.-6.5.2017, Tabelle 4, Abbildung 8) zur Dichtemessung bildeten die Basis zur Analyse der Winterbilanz.

Die detaillierten Mess- und Beobachtungswerte aus den Schneeschächten sind im Kapitel D.2.1 aufgelistet, Abbildung 8 zeigt die Messpunkte und die räumliche Verteilung der Winterbilanz am Hintereisferner. Tabelle 6 zeigt die Winterbilanz nach Höhenstufen.

*Tabelle 4: HEF, Winterbilanz 2016/17: Schneehöhe, Dichte und Wasserwert der Schneeschächte für das hydrologische Winterhaushaltsjahr (Die Lage der Schneeschächte ist in Abbildung 5 und 8 abgebildet).*

	Schneehöhe [cm]	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	b <sub>w</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]
AWS	108	353	360
L6	230	348	814
TEE	289	370	968
WKJ	341	362	1174
HEF	387	388	1401
LJF	325	369	1030

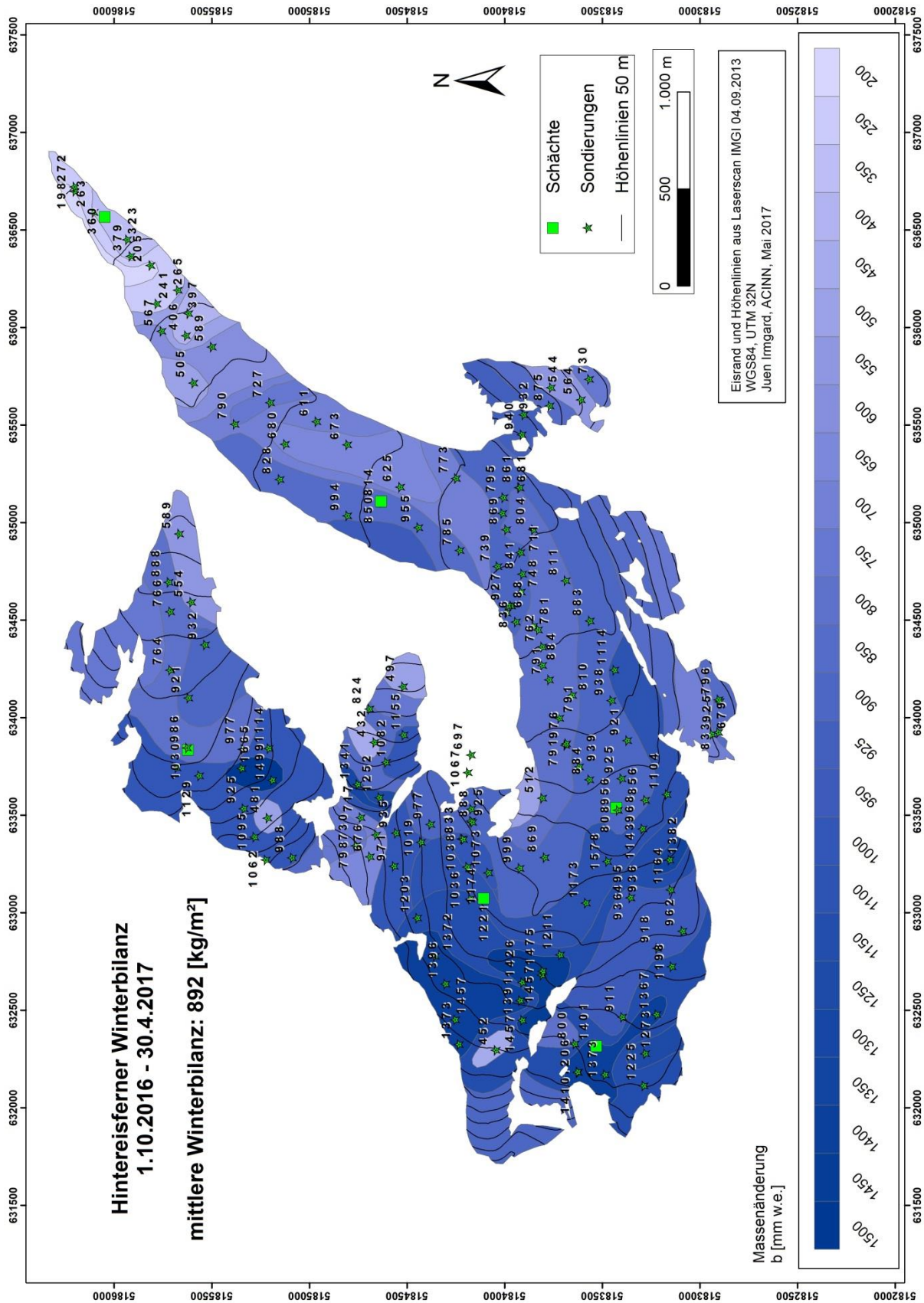


Abbildung 8: Punktwerte und räumliche Verteilung der Massenbilanz im Winterhaushaltsjahr am Hintereiserner (01.10.2016 – 30.04.2017).



Abbildung 9: Die Zunge des HEF am 5.5.2017. Südhänge sind nach dem schneearmen Winter bereits Anfang Mai schneefrei. Foto: Matthias Dusch, 5.5.2017

Die mittlere spezifische Winterbilanz des Hintereisferners 01.10.2016-30.04.2017 beträgt:

$$b_W = 892 \text{ mm w.e.}$$

$$B_W = 5,938 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ Wasser}$$

## C.2.2 Jahresbilanz

Der Bestimmung der Ablation im Haushaltsjahr 2016/17 liegen Messungen und Beobachtungen aus drei Feldkampagnen und an 42 Pegeln zugrunde (Tabelle 5A). Aufgrund der frühen Ausaperung wurden im August 8 zusätzliche Pegel im Akkumulationsgebiet – 4 davon im Firn – gebohrt um auch in Höhenlagen > 3100 m a.s.l. die Ablation zu dokumentieren (Tabelle 5B).

Zur Messung der Massenrücklage in Form von Herbstschnee (Neuschnee vom Spätsommer oder Herbst bis zum Ende des Haushaltsjahres) wurden 5 Schneeschächte angelegt (Abbildung 5, 13 und Kapitel D.2.6). Zusätzlich zu den Schneedichtemessungen wurde bei Schacht B22/1 und B22/2 die Firndichte gemessen (siehe Kapitel D.2.6). Mithilfe dieses Wertes konnte die Höhenänderung an den Firnpegel in eine Massenänderung umgerechnet werden. Zusätzlich wurden Sondierungen der Schneehöhe durchgeführt, um eine bessere räumliche Information der Massenrücklage bzw. des Neuschnees im September zu erhalten.

Die Abschlussbegehung am HEF fand am 05. und 6.10 2017 statt. Der Neuschnee vom Oktober (0-10 cm) konnte gut abgegrenzt und dementsprechend korrigiert werden. Die Neuschneemengen im September lagen zwischen 10 – 90 cm, wodurch einige Pegel nicht gefunden wurden.

Zur Extrapolation von den Punktwerten auf die Gletscherfläche wurden Fotos des Ausaperungsmusters nahe dem Massenminium hinzugezogen (Abbildung 10 und 11). Die starke Ausaperung bis in die höchsten Lagen legt eine negative Bilanz in allen Höhenstufen nahe. Die Messungen an den neuen Ablationspegeln (Abbildung 5) im Akkumulationsgebiet bestätigen eine hohe Ablation sogar im Firngebiet und die Werte der Pegel wurden auf die jeweiligen Höhenstufen sowie bei den Schächten übertragen. Die Punktwerte sind neben den vertikalen Bilanzprofilen in Abbildung 12 sowie in Abbildung 13 eingetragen. Tabelle 6 zeigt die Bilanzwerte nach Höhenstufen sowie alle weiteren Kennwerte der Massenbilanz 2016/17. Eine Bestätigung dieser Extrapolation bildet der Vergleich mit der geodätischen Massenbilanz aus der Höhenänderung von zwei Laserscans (Abbildung 12). Die mittlere spezifische Jahresbilanz aus der geodätischen Methode entspricht -1822 mm w.e. und liegt somit innerhalb der Messungenauigkeit beider Methoden die bei +/- 0.14 (geodätisch) – 0.21 m w.e. (glaziologisch) liegt (Klug, et al., 2017).

Die mittlere spezifische Massenbilanz des Hintereisferners für das hydrologische Haushaltsjahr  
01.10.2016 – 30.09.2017 beträgt:  **$b = -1826$  mm w.e.**

Das entspricht:  **$B = -12,16 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> Wasser**



Abbildung 10: Die Ausaperung im oberen Bereich des Hintereisferners am 8.8.2017 Foto: Georg Kaser.



Abbildung 11: Luftbild vom HEF am 29.08.2018 HEF. Foto: Lindsey Nicholson.

Tabelle 5A: Ablationsverlauf an den Pegeln des Hintereisferners 2016/17. Die Ablation zu den Ablesezeitpunkten ist jeweils die Ablation seit der letzten Ableseung, Ablation ist die Gesamtablation im Haushaltsjahr.

Name	X UTM	Y UTM	Alt [m]	13.7. [cm]	21.8. [cm]	4.10. [cm]	Ablation [cm]	c16 [kg/m <sup>2</sup> ]	c17 Sep [kg/m <sup>2</sup> ]	c17 Okt. [kg/m <sup>2</sup> ]	ba_16/17 [kg/m <sup>2</sup> ]
L10	636706	5186200	2476	376	261	99	736	0	0	0	-6624
27a	636524	5186040	2508	342	277	84	703	0	11	0	-6316
L9	636360	5185900	2542	273	239	76	588	0	11	0	-5281
41	636188	5185680	2570	300	232	34	566	0	11	0	-5083
38	636062	5185810	2570	229	232	68	529	0	0	0	-4761
L8	635958	5185620	2604	308	230	70	608	0	11	0	-5461
42	635713	5185580	2633	231	216	45	492	0	8	0	-4420
50	635900	5185390	2627	301	225	75	601	0	19	0	-5390
p22	635568	5185020	2704	210	218	48	476	0	15	3	-4272
L7	635651	5185380	2652	253	219	64	536	0	19	0	-4805
87	635469	5185190	2692	214	186	70	470	0	34	0	-4196
51	635221	5185170	2704	153	223	41	417	0	76	3	-3680
L6	635278	5184840	2728	144	198	45	387	0	73	3	-3413
p26	635336	5184560	2745	175	122	27	324	30	126	6	-2826
p25	634967	5184650	2752	63	220	51	334	27	46	6	-2993
71	634904	5184430	2780	61	200	59	320	33	118	6	-2801
L5	635049	5184280	2809	113	192	65	370	4	145	6	-3195
102	635147	5184080	2819	110	210	65	385	9	172	9	-3311
p34	635039	5183870	2832	50	180	68	298	42	160	9	-2573
201	634906	5185660	2838		133	63	196	0	88	15	-1691
88	634887	5183980	2842	100	170	57	327	11	122	9	-2841
79	634643	5183920	2864	83	177	52	312	4	134	15	-2693
L4	634662	5183780	2869	73	171	55	299	11	172	15	-2545
73	634388	5183890	2880	62	173	50	285	13	210	15	-2383
89	634503	5183710	2888	56	158	45	259	19	126	21	-2245
98	634190	5183790	2918	69	180	51	300	4	145	21	-2580
L3	634158	5183650	2921	45	153	60	258	19	183	21	-2179
94	634179	5183490	2923	43	155	61	259	11	222	21	-2141
202	634526	5185700	2933		263	67	330	11	183	30	-2828
103	633870	5183460	2966	33	149	43	225	19	164	21	-1901
101	633803	5183750	2975	38	165	70	273	26	222	21	-2282
TE_B	633543	5183350	3033		132	45	177	75	275	21	-1414
203	634224	5185520	3053		103	55	158	4	195	27	-1258
204	634039	5185680	3066		133	51	184	71	248	24	-1503
104	633230	5183590	3085		158	55	213	51	250	24	-1742
205	633953	5185430	3116		220	60	280	60	248	30	-2362
109	633489	5184180	3133		178	63	241	0	187	24	-2006
105	632973	5183720	3128		180	57	237	37	180	24	-2014
206	633669	5185460	3151		237	72	309	37	241	27	-2604
106	632797	5183940	3194		202	74	276	30	195	24	-2339
107	633120	5184310	3210		164	71	235	0	115	24	-2024
108	633190	5184770	3430		171	57	228	0	141	24	-1935

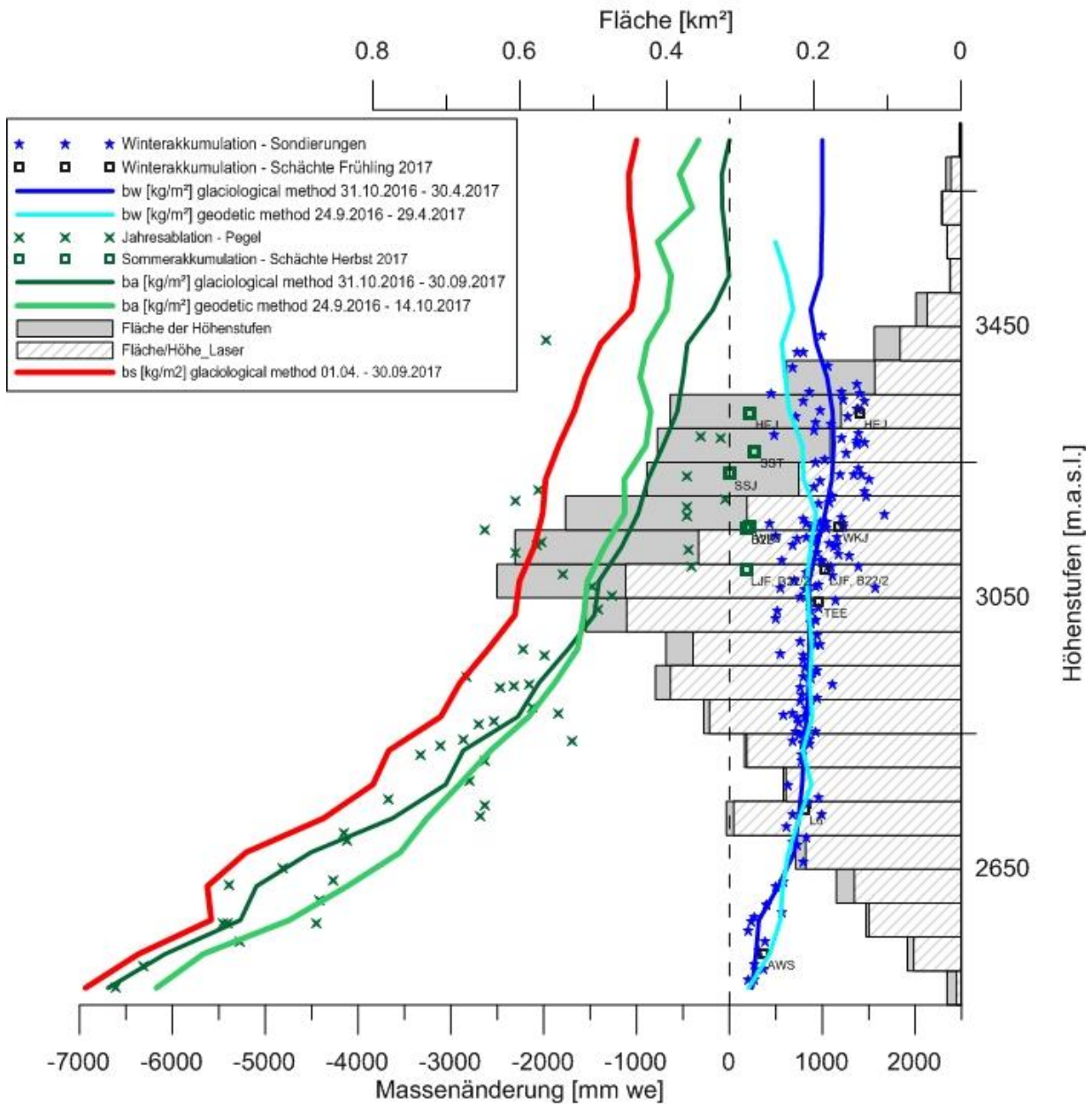
Werte aus umliegenden Pegeln/Schächten/Sondierungen interpoliert

Tabelle 5B: Ablation an den neuen Pegeln im August und September des Hintereisferners 2016/17

Name	X UTM	Y UTM	Alt [m]	13.7. [cm]	21.8. [cm]	4.10. [cm]	Ablation [cm]	c16 [kg/m <sup>2</sup> ]	c17 Sep [kg/m <sup>2</sup> ]	c17 Okt. [kg/m <sup>2</sup> ]	ba_16/17 [kg/m <sup>2</sup> ]	
100	634003	5182990	3097				75	11	271	0	-415	
113	633269	5184070	3121				61	74	206	24	-441	
114	632796	5183500	3171				61	83	206	24	-450	
116	633815	5184630	3183				61	83	206	24	-450	
207	633684	5185290	3196				44	83	306	30	-49	
110	632777	5183070	3230				93	27	103	24	-460	
112	632517	5184090	3285				55	82	313	24	-96	
111	632486	5183180	3287				94	82	313	24	-310	
Werte aus umliegenden Pegeln/Schächten/Sondierungen interpoliert												
Werte am 18.10 abgelesen und korrigiert auf 30.9.												
neue Pegel August 2017												
neue Pegel in Firn August 2017												

## Massenhaushalt Hintereisferner 2016/17

Höhenverteilung der spezifischen Massenbilanzen, der Massenbilanz an den einzelnen Pegeln und Flächen der Höhenstufen



Grafik: Juen Irmgard, ACINN, Univ. Innsbruck 2017

Abbildung 12: Die vertikalen Bilanzprofile am Hintereisferner im Haushaltsjahr 2016/17.



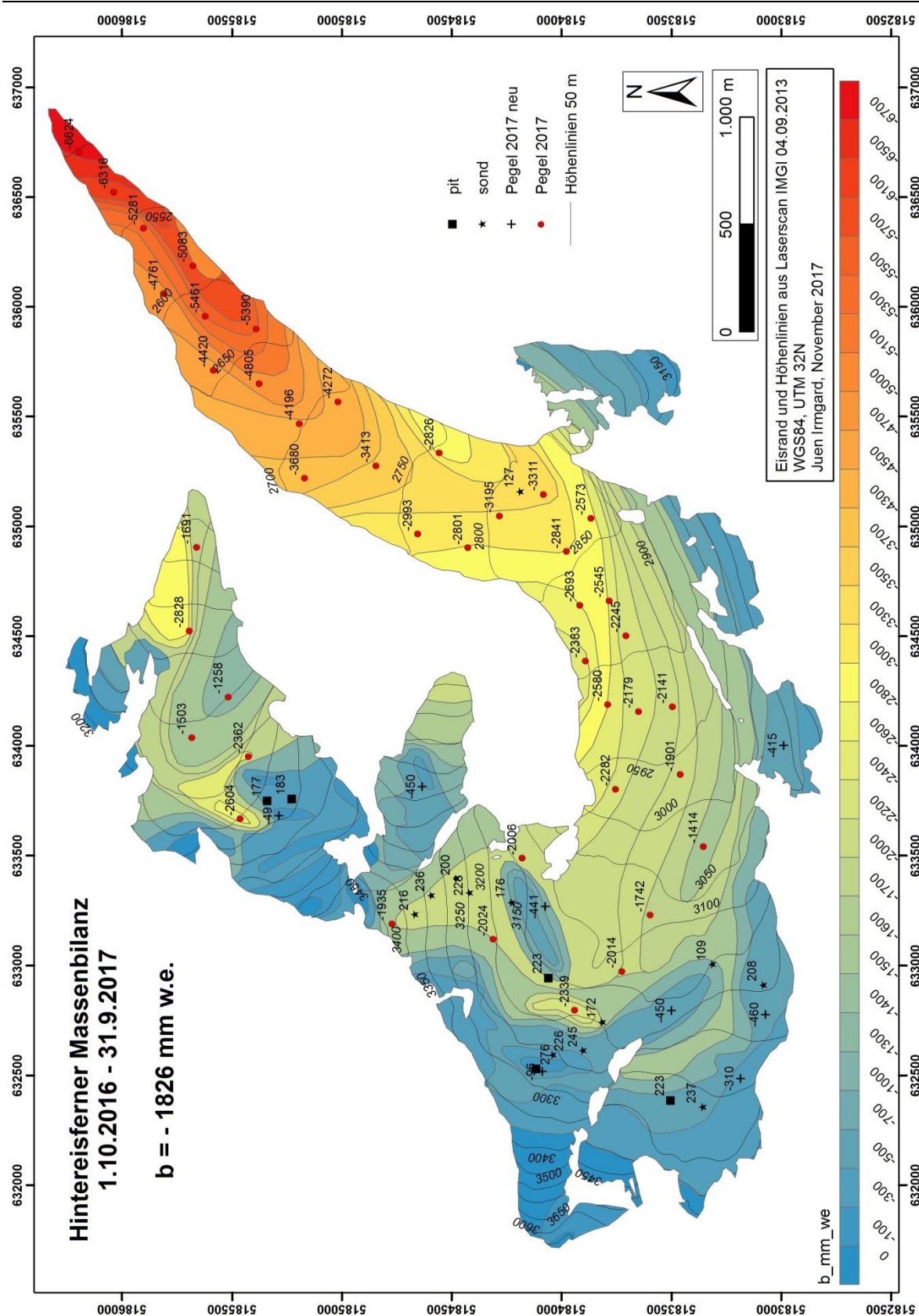


Abbildung 13: Die räumliche Verteilung der Massenbilanz am Hintereisferner im Haushaltsjahr 01.10.2016 – 30.09.2017.

Tabelle 6: Kennzahlen und Massenbilanzen des Hintereisferners im Haushaltsjahr 2016/17 für die Gesamtfläche und aufgeteilt nach Höhenstufen.

	Winter			Sommer		gesamtes Jahr	
	Fläche	BW	bW	BS	bS	B	b
	[10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> w.e.]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> w.e.]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> w.e.]	[kg/m <sup>2</sup> ]
	6659	5938007	892	-18096524	-2718	-12158517	-1826
SC [10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> ]	215		BC [m <sup>3</sup> w.e.]	0		bC [kg/m <sup>2</sup> ]	0
SA [10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> ]	6444		BA [m <sup>3</sup> w.e.]	-12158517		bA [kg/m <sup>2</sup> ]	-1887
ELA	none	m a.s.l.	SC/SA	0,033		AAR	0,032
Berechnung von SC/SA und AAR unter der Annahme dass Flächen mit der Bilanz 0 als positiv gewertet werden, ansonsten beide Werte 0!							
<b>Winterbilanz</b>				<b>Sommerbilanz</b>		<b>Jahresbilanz</b>	
Höhenstufe	Fläche	BW	bW	BS	bS	B	b
[m.a.s.l.]	[10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> w.e.]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> w.e.]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> w.e.]	[kg/m <sup>2</sup> ]
2475	19	4590	243	-131139	-6936	-126549	-6693
2525	73	20761	285	-463463	-6363	-442702	-6078
2575	129	40795	316	-721205	-5582	-680410	-5266
2625	169	89539	528	-952765	-5624	-863226	-5095
2675	225	157096	699	-1170565	-5205	-1013469	-4506
2725	319	237232	743	-1395857	-4373	-1158625	-3630
2775	242	189351	783	-928345	-3839	-738994	-3056
2825	295	236180	802	-1080921	-3670	-844741	-2868
2875	350	290863	831	-1088376	-3110	-797513	-2279
2925	416	354091	852	-1206725	-2903	-852634	-2051
2975	401	344995	860	-1041407	-2596	-696412	-1736
3025	510	436484	855	-1178670	-2310	-742186	-1455
3075	631	541133	857	-1427796	-2262	-886663	-1405
3125	607	570849	941	-1276873	-2104	-706024	-1163
3175	538	553842	1030	-1082473	-2013	-528631	-983
3225	427	470811	1102	-845885	-1980	-375074	-878
3275	413	464512	1125	-759487	-1839	-294975	-714
3325	395	438963	1110	-660937	-1671	-221974	-561
3375	237	249384	1051	-368268	-1552	-118884	-501
3425	118	110338	936	-163721	-1388	-53383	-453
3475	61	53431	874	-64416	-1053	-10985	-180
3525	15	14847	985	-14914	-989	-67	-4
3575	19	18815	992	-19480	-1027	-665	-35
3625	26	26357	1000	-28398	-1077	-2041	-77
3675	20	20417	1000	-22107	-1083	-1690	-83
3725	2	2331	1000	-2332	-1000	-1	0
<b>Summe</b>	<b>6659</b>	<b>5938007</b>	<b>892</b>	<b>-18096524</b>	<b>-2718</b>	<b>-12158517</b>	<b>-1826</b>

### C.3 Massenbilanz Kesselwandferner

Der Bestimmung der Ablation im Haushaltsjahr 2016/17 liegen Messungen und Beobachtungen aus drei Feldkampagnen an 18 Pegeln zugrunde (Tabelle 7). Zur Messung der Massenrücklage in Form von Altschnee und Herbstschnee (Neuschnee vom Spätsommer oder Herbst bis zum Ende des Haushaltsjahres) wurden drei Schneeschächte angelegt (Abbildung 6, 15,16).

Die Abschlussbegehung am KWF fand am 5.10.2017 statt. Die Neuschneemengen vom Oktober (10-15 cm) konnten gut abgegrenzt und entsprechend korrigiert werden. Zur Extrapolation der Punktwerte auf die Gletscherfläche wurden Fotos nahe dem Massenminium (Flug am 29.8.2017) hinzugezogen (Abbildung 14). Die Punktwerte der Massenbilanz (Pegel und Schächte) sind in der Abbildung des vertikalen Bilanzprofils (Abbildung 15) und in Abbildung 16 eingetragen. Tabelle 8 zeigt die Bilanzwerte nach Höhenstufen sowie alle weiteren Kennwerte der Massenbilanz 2016/17.

Am KWF hat der Verlauf der Witterung wie beim HEF zu einer stark negativen Jahresbilanz geführt. Nur die Haushaltsjahre 2002/2003 und 2014/15 weisen eine noch negativere Bilanz vor.

Die mittlere spezifische Massenbilanz des Kesselwandferners für das hydrologische Haushaltsjahr 01.10.2016 – 30.09.2017 beträgt:  $b = -1054 \text{ mm w.e.}$ ,  
das entspricht  $B = -3,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  Wasser

Tabelle 7: KWF, Haushaltsjahr 2016/17: Die Massenänderung an den einzelnen Messpunkten und zwischen den Ablesezeitpunkten. Pegel 20 ab 30.8.

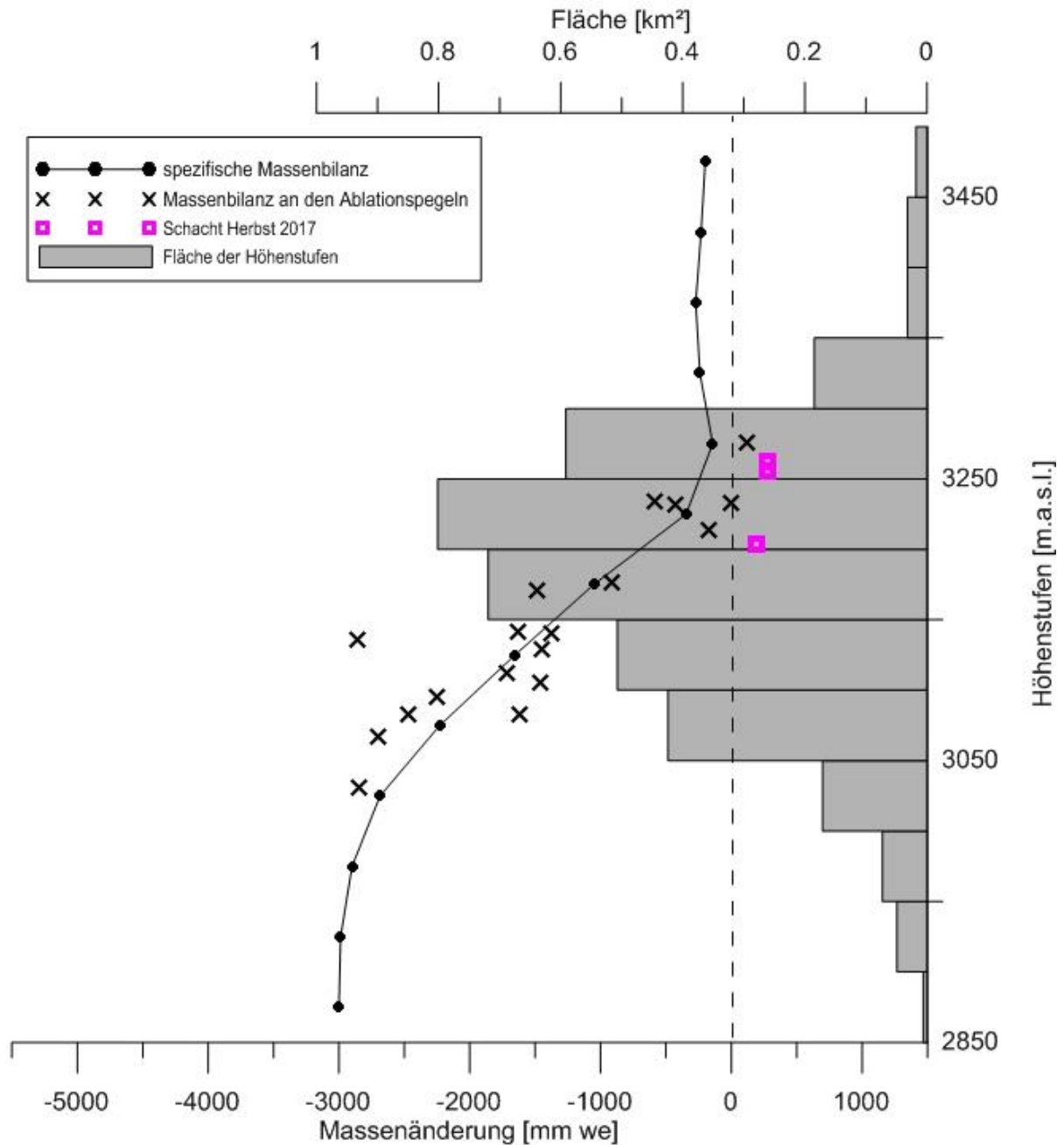
Name	X UTM	Y UTM	Alt [m]	13.07. [cm]	30.08. [cm]	04.10. [cm]	Ablation [cm]	c Sept 16 [kg/m <sup>2</sup> ]	c Sept 17 [kg/m <sup>2</sup> ]	ba_16/17 [kg/m <sup>2</sup> ]
KWF03	637347	5188543	3031	78	239	15	332	0	140	-2848
KWF04	637001	5188325	3083	73	210	13	296	63	256	-2471
KWF05	637016	5188618	3095	43	210	15	268	41	208	-2245
KWF06	637194	5188908	3067	42	214	64	320	15	193	-2702
KWF07	636618	5188780	3112	9	200	5	214	48	260	-1714
KWF08	636887	5188877	3082	19	178	3	200	19	204	-1615
KWF09	636767	5189131	3129	0	-	188	188	30	268	-1454
KWF10	636408	5189013	3142	13	177	12	202	41	234	-1625
KWF11	636871	5189274	3140	0	-	174	174	30	226	-1370
KWF12	636404	5189321	3176	0	114	12	126	56	271	-919
KWF13	636801	5189748	3213	-	-	42	42	19	226	-171
KWF14	636616	5188323	3136	75	183	80	338	30	219	-2853
KWF15	636587	5188562	3105	0	172	15	187	48	268	-1463
KWF16	636201	5189040	3171	0	174	15	189	56	221	-1483
KWF17	636416	5189898	3234	-	88	5	93	82	315	-586
KWF18	635893	5189598	3233	-	0	11	11	223	278	-6
KWF19	636227	5190381	3231	-	48	16	64	260	353	-427
KWF20	635904	5190153	3276	-	-	20	20	260	488	118
Werte aus umliegenden Pegeln interpoliert										
Firnablation mit Dichte von Firm (aus Schächten B22 am HEF [550 kg/m <sup>3</sup> ])										



Abbildung 14: Luftbild vom KWF am 29.8.2017. Foto: Lindsey Nicholson.

## Massenhaushalt Kesselwandferner 2016/17

Höhenverteilung der spezifischen Massenbilanzen, der Massenbilanz an den Ablationspegeln und Flächen der Höhenstufen



Grafik: Irmgard Juen, ACINN, Univ. Innsbruck, 2017

Abbildung 15: Das vertikale Bilanzprofil am Kesselwandferner im Haushaltsjahr 2016/17

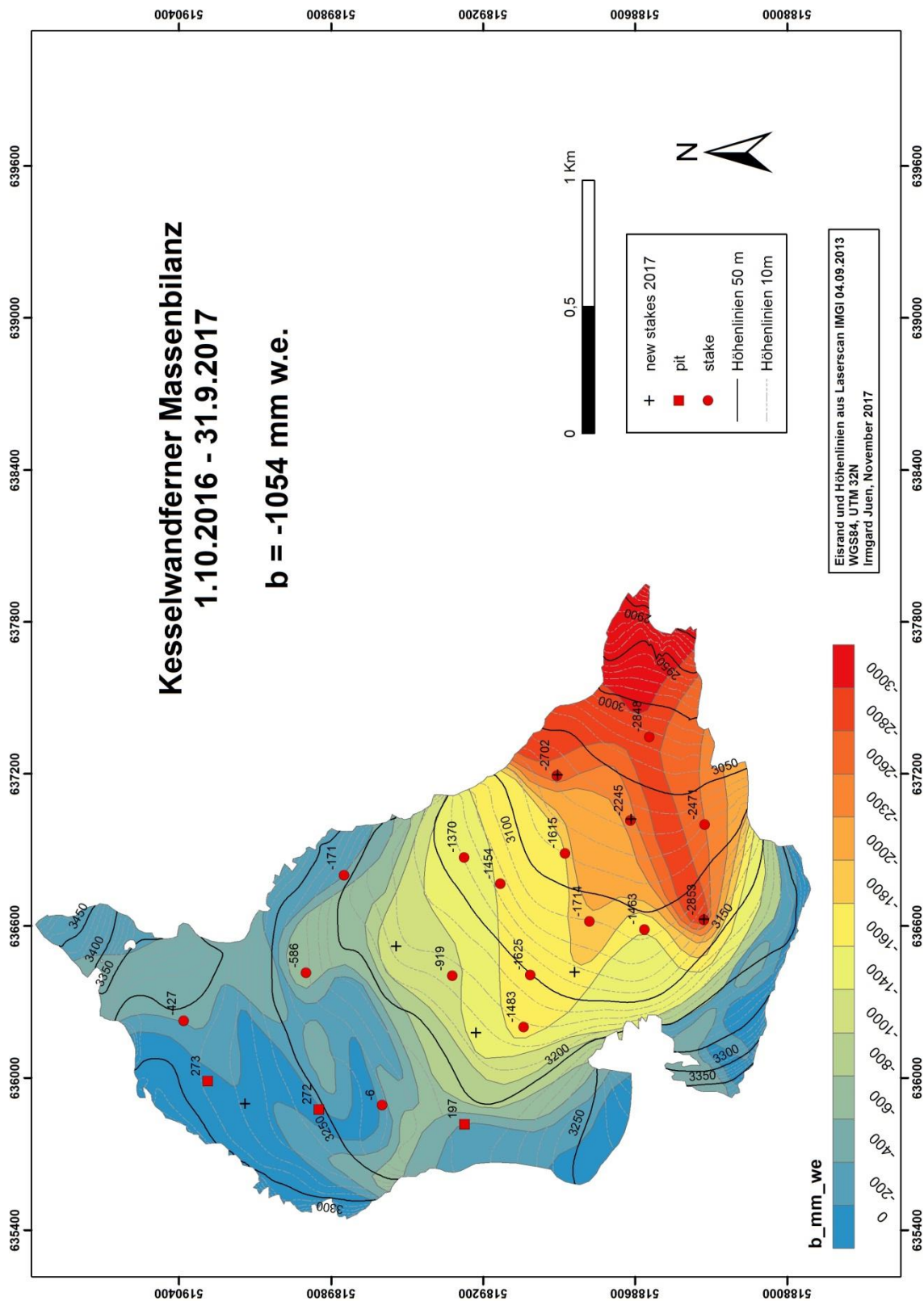


Abbildung 16: Punktwerte und räumliche Verteilung der Massenbilanz am Kesselwandferner im Haushaltsjahr 01.10.2016 – 30.09.2017.

Tabelle 8: Kennzahlen und Massenbilanz des Kesselwandfeners im Haushaltsjahr 2016/17 für die Gesamtfläche und aufgeteilt nach Höhenstufen.

		gesamtes Jahr					
	<b>Fläche</b> [10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> ]	<b>B</b> [m <sup>3</sup> w.e.]	<b>b</b> [kg/m <sup>2</sup> ]				
	<b>3608</b>	<b>-3801949</b>	<b>-1054</b>				
<b>SC [10<sup>3</sup> m<sup>2</sup>]</b>	<b>441</b>		<b>BC [m<sup>3</sup> w.e.]</b>	<b>0</b>		<b>bC [kg/m<sup>2</sup>]</b>	<b>0</b>
<b>SA [10<sup>3</sup> m<sup>2</sup>]</b>	<b>3167</b>		<b>BA [m<sup>3</sup> w.e.]</b>	<b>-3801949</b>		<b>bA [kg/m<sup>2</sup>]</b>	<b>-1200</b>
<b>ELA</b>	<b>none</b>	m.a.s.l	<b>SC/SA</b>	<b>0,139</b>		<b>AAR</b>	<b>0,122</b>
Berechnung von SC/SA und AAR unter der Annahme dass Flächen mit der Bilanz 0 als positiv gewertet werden, ansonsten beide Werte 0!							
<b>Jahresbilanz</b>							
<b>Höhenstufe</b> [m.a.s.l.]	<b>Fläche</b> [10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> ]	<b>B</b> [m <sup>3</sup> w.e.]	<b>b</b> [kg/m <sup>2</sup> ]				
2875	6	-18199	-3000				
2925	49	-146559	-2987				
2975	73	-211197	-2900				
3025	171	-458730	-2685				
3075	424	-945550	-2229				
3125	507	-839080	-1654				
3175	719	-756067	-1052				
3225	801	-277736	-347				
3275	591	-84611	-143				
3325	185	-44530	-241				
3375	32	-8728	-272				
3425	32	-7373	-232				
3475	18	-3590	-200				
<b>Summe</b>	<b>3608</b>	<b>-3801949</b>	<b>-1054</b>				

## C.4 Totalisatoren im Rofental

Die Lage der Totalisatoren im Rofental zeigt Abbildung 3, die Koordinaten sind in Tabelle 9 angeführt. Tabelle 10 zeigt die Ergebnisse der Ablesungen im Haushaltsjahr 2016/17. In diesem Kapitel wird, im Unterschied zum hydrologischen Winterhalbjahr, der 31.03. als Ende des Winterhalbjahres geführt, da es zum 01.05. keine Ablesung gibt. Die Totalisatoren wurden regelmäßig im Rahmen der Feldkampagnen im Rofental besucht (siehe Kapitel D.3, Tabelle 11), die Entleerung Einfüllung der Salzmischung erfolgte am 04. – 05.10.2016 im Zuge der Messung der Abschlussbilanz am HEF bzw. am KWF. Die Salzmischung wurde in diesem Jahr direkt aus den Beständen des Hydrologischen Dienstes des Landes Tirol übernommen. Die Daten (Monatssummen) der einzelnen Totalisatoren wurden im Zuge eines wissenschaftlichen Aufsatzes (Strasser, et al., 2017) veröffentlicht und zum freien Verwendung zur Verfügung gestellt. Weiteres wurden die Daten hinsichtlich der Unterschiede in der Höhenlage untersucht.

Die Niederschlagszunahme pro 100 m Höhendifferenz zwischen den einzelnen Totalisatoren (Vent, 1900 m a.s.l. bis Latschbloder 2910 m a.s.l.) liegt im Bereich von 4.7-7.4 % der monatlichen Niederschlagssumme, nur die höchstgelegene Station HEF zeigt einen deutlich höheren Gradienten mit 10.5 % (Kapitel D.4, Tabelle 15). Im April und Mai sind die Gradienten generell am höchsten, ein signifikanter Unterschied zwischen Winter- und Sommermonaten kann jedoch nicht festgestellt werden.

Tabelle 9: Koordinaten der Totalisatoren im Rofental.

Messstelle	WGS84 Zone 32T				Höhe (m)
	Breite	Länge	UTM Y	UTM X	
Vent	46,8577	10,9113	5191120	645689	1900
Hochjochhospiz	46,8231	10,8262	5187125	639291	2360
Vernagtbrücke	46,8546	10,8298	5190632	639486	2640
Proviantdepot	46,8295	10,8241	5187834	639115	2737
Rofenberg	46,8085	10,7934	5185442	636833	2827
Latschbloder	46,8012	10,8056	5184653	637780	2910
Hintereisferner	46,7973	10,7610	5184141	634382	2970



Tabelle 10: Niederschlagsmengen (mm) im Einzugsgebiet des Pegels Rofenache im hydrologischen Jahr 2016/17.

Messstelle	Vent N-Waage	Vent	Hochjochospiz	Vernagtbrücke	Proviantdepot	Rofenberg	Latschbloder	Station Hintereis
Seehöhe	1900 m	1900 m	2360 m	2640 m	2737 m	2827 m	2910 m	2970 m
<b>Jahr</b>								
01.10.2016 - 30.09.2017	789	809	837	1048	930	1111	984	1520
Verhältnis zu Vent N-Waage		1,02	1,00	1,27	1,15	1,51	1,37	1,96
<b>Winter</b>								
01.10.2016- 31.03.2017	211	202	188	239	235	349	318	440
Verhältnis zu Vent N-Waage		0,96	0,93	1,15	1,11	1,63	1,52	2,05
<b>Sommer</b>								
01.04.2017 - 30.09.2017	579	607	649	809	695	762	666	1080
Verhältnis zu Vent N-Waage		1,09	1,08	1,41	1,21	1,37	1,19	1,87

## C.5 Literaturverzeichnis

- Cogley, J. G. et al. (2011), *Glossary of Mass Balance and Related Terms*, UNESCO-IHP, Paris.
- Hoinkes, H. (1970), Methoden und Möglichkeiten von Massenhaushaltsstudien auf Gletschern. Ergebnisse der Messreihe Hintereisferner (Ötztaler Alpen) 1953-1968, *Zeitschrift für Gletscherkd. und Glazialgeol.*, 6(1-2), 37–90.
- Hoinkes, H., and R. Steinacker (1975), Zur Parametrisierung der Beziehung Klima - Gletscher, *Riv. Ital. di Geofis. e Sci. Affin.*, 1, 97–103.
- Kuhn, M., G. Markl, G. Kaser, U. Nickus, F. Obleitner, and H. Schneider (1985), Fluctuations of climate and mass balance: Different responses of two adjacent glaciers, *Zeitschrift für Gletscherkd. und Glazialgeol.*, 21, 409–416.
- Klug, C., E. Bollmann, S.P. Galso, L. Nicholson, R. Prinz, L. Rieg, R. Sailer, J. Stötter, and G. Kaser (2017), A reanalysis of one decade of the mass balance series on Hintereisferner, Ötztal Alps, Austria: a detailed view into annual geodetic and glaciological observations, *The Cryosphere Discuss.*, <https://doi.org/10.5194/tc-2017-132>
- Strasser, U.; Marke, T.; Braun, L. N; Escher-Vetter, H.; Juen, I.; Kuhn, M.; Maussion, F.; Mayer, C.; Nicholson, L.; Niederscheider, K.; Sailer, R.; Stötter, J.; Weber, M.; Kaser, G. (2017): The Rofental: a high Alpine research basin (1890 m - 3770 m a.s.l.) in the Ötztal Alps (Austria) with over 150 years of hydro-meteorological and glaciological observations. *PANGAEA*, <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.876120>,

## C.6 Verzeichnis verwendeter Akronyme und Symbole

Akronym	Bedeutung	Einheit
AAR	Accumulation Area Ratio	
ALS	airborne laserscanning	
AWS	automatische Wetterstation	
DGPS	differential global positioning system	
ELA	Höhe der Gleichgewichtslinie	m
HEF	Hintereisferner	
IGI	Institut für Geografie der Universität Innsbruck	
ACINN	Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck	
KWF	Kesselwandferner	
LJF	Langtaufererjochferner	
SF	Stationsferner	
VBP	vertikales Bilanzprofil	
VF	Vernagtferner	
w.e.	Wasseräquivalent	
WGMS	World Glacier Monitoring Service	

Symbol	Bedeutung	Einheit
B	Gesamtmassenbilanz	$\text{m}^3 \text{ w.e.} \equiv 10^3 \text{ kg}$
b	(flächen)spezifische Massenbilanz	$\text{mm w.e.} \equiv \text{kg m}^{-2}$
a	(flächen)spezifische Ablation	$\text{mm w.e.} \equiv \text{kg m}^{-2}$
c	(flächen)spezifische Akkumulation	$\text{mm w.e.} \equiv \text{kg m}^{-2}$
S	Gletscherfläche	$\text{m}^2$

Subskript	Bedeutung
A	Ablation (z.B.: $B_A$ : Gesamtmassenbilanz der Gletscherteilfläche mit Netto-Ablation)
C	Akkumulation
W	hydrologisches Winterhalbjahr
S	hydrologisches Sommerhalbjahr
fix	nach fixem Datum (01.10. – 30.09.)
nat	nach dem natürlichen Haushaltsjahr
z	Höhe

## D. ANHANG

### D.1 Geleistete Arbeiten

#### D.1.1 Feldkampagnen

Die Feldkampagnen in der Saison 2016/17 im Rofental erforderten fünf Arbeitseinsätze am HEF und drei am KWF, die meistens wurden mehrtägig absolviert. Insgesamt wurden 28 Pegel neu eingebohrt, 21 davon am HEF. Zusätzlich wurde der Regenmesser in Vent monatlich, jene im Rofental wie gewohnt ab Anfang April alle zwei Monate abgelesen. Zwei Kampagnen (Bohrungen im August und Abschlussbilanz) wurden durch einen Hubschrauber unterstützt.

#### Personentage

- **40 Personentage – HEF Massenbilanz (+ Ablesung Totalisatoren)**
- **8 Personentage – KWF Massenbilanz (+ Ablesung Totalisatoren)**
- **23 Personentag – Ablesung Totalisatoren und Wartung AWS Vent**

**Personen:** Matthias Dusch, Maria Siller, Tobias Zolles, Lindsey Nicholson, Daniel Thorlasksson, Alexander Kehl, Alexander Kopp, Lorenzo Rieg, Veronika Hatvan, Veronika Krieger, Sebastian Sarx, Lukas Langhamer, Moritz Müller, Hardy Titz, Mira Ehrler, Miriam Schlumpberger, Daniel Thorlaksson, Robbie Shone, Alois Belie, Philipp Vettori, Rainer Diewald, Lukas Lehner, Georg Kaser  
Alle Kampagnen verliefen unfall- und verletzungsfrei.

Allen Teilnehmern sei hiermit für ihren Einsatz und ihr Engagement herzlichst gedankt!

#### D.1.2 Messungen und Analysen

- Es wurden die Grundlagen für die Erstellung der Winter- und Jahresmassenbilanzen nach der glaziologischen Methode am HEF und am KWF (nur Jahresbilanz) gesammelt und ausgewertet, Zustand und Veränderung der Gletscheroberfläche im Lauf der Ablationsperiode dokumentiert, das Netz von Ablationspegeln gewartet, angepasst und zum Teil neu gestaltet. Eine Anpassung der Gletscherausdehnung auf Basis der Laserscans ist für das nächste Haushaltsjahr geplant. Für das Jahr 2016/17 wurde weiterhin die Gletscherfläche von 2013 verwendet zumal durch eine Anpassung der Gletscherfläche nur geringfügige Änderungen der Massenbilanz zu erwarten sind (Klug, et. al., 2017; -0,015 +0,039 m w.e.).

- Auswertung der geodätischen Winter- und Jahresbilanz auf Basis von drei Lasercans:
  - 29.9.2016
  - 29.4.2017
  - 14.10.2017

Die Anpassung der Gletscherfläche ist für das kommende Bilanzjahr 2017/18 geplant, für das aktuelle Jahr wurde weiterhin die Gletscherausdehnung von 2013 verwendet.

- Die Daten der Wetterstation in Vent wurden als Tageswerte der Lufttemperatur und des Niederschlages berechnet.
- Basierend auf den Messungen an der Niederschlagswaage in Vent, wurden die Regenmesserablesungen interpoliert und monatlich, halbjährlich und jährlich ausgewertet. Zudem wurden die Datenreihen der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt (Strasser et. al., 2017) und die Daten hinsichtlich ihres Niederschlagsgradienten analysiert.

---

## D.2 Dokumentation der Feldarbeiten am Hintereisferner und am Kesselwandferner

### D.2.1 Feldkampagne 05. – 06.05.2017 – Winterbilanz am HEF

#### Ziel der Feldkampagne:

- Messung der Massenrücklage aus dem hydrologischen Winterhalbjahr zur Erstellung der Winterbilanz
- Kontrolle der AWS und Ablesung des Totalisators an der Station Hintereis
- Fotodokumentation

#### Teilnehmer:

- Matthias Dusch, Maria Siller, Daniel Thorlaksson, Miriam Schlumpberger, Veronika Krieger, Tobias Zolles (alle ACINN)
- Sebastian Sarx, Mira Ehrler (beide Geographie)

#### Ausgeführte Arbeiten:

- 05.05.2017: Schächte L6, AWS-alt, Hintereisjoch, Weißkugeljoch. Sondierung der gesamten Zunge, sowie der Geländekammer unterhalb des Hintereisjochs. Totalisator an der Station HEF abgelesen.
- 06.05.2016: Schächte: Teufelsegg und Langtaufererjochferner. Sondierungen in der Geländekammer zwischen Weißkugel, Langtaufererspitze und Teufelsegg, Sondierungen am Langtaufererjochferner, sowie Sondierungen zwischen Station HEF und Teufelsegg.
- Fotodokumentation der Verhältnisse im Untersuchungsgebiet

#### Ablauf:

Am 05.05. gemeinsame Anfahrt in zwei PKW von Innsbruck nach Kurzras. Auffahrt mit der Seilbahn ins Gletscherschigebiet, welches noch geöffnet ist. Auffahrt ins Hintere Eis mit dem gleichnamigen Sessellift. Kurzer Aufstieg zum Grat und Arbeitsbesprechung. Aufteilung in drei Gruppen:

1. Zolles, Sarx, Ehrler (Feldbuch HEF 1, GPS 5 (oranges Garmin)) steigen zum Schacht HEF auf, legen diesen an und führen Sondierungen entlang des gesamten Weges und oberhalb des Schachtes durch. Ankunft an der Station um ca. 20:00 Uhr.
2. Siller und Thorlaksson (Feldbuch HEF 2, GPS 6 (oranges Garmin)) fahren die Zunge orographisch rechts zum Schacht AWS-alt ab und legen diesen an. Danach Aufstieg über orographisch linke Zungenseite zum Schacht L6 und Arbeit an diesem. Sondierungen wurden entlang des gesamten Weges durchgeführt. Einige Pegel waren frei, diese wurden abgelesen und nebenan sondiert. Der Windmesser der AWS-Ice war sichtbar. Ankunft an der Station um ca. 19:45 Uhr.

3. Dusch, Schlumpberger, Krieger (Feldbuch KWF 1, GPS 4 (altes graues Garmin) bringen den gesamten Proviant zur Station HEF. Entlang des Weges (inklusive Hinteres Eis) wurde sondiert und der Regenmesser Station HEF abgelesen. Am Nachmittag legt das Team den Schacht am Weißkugeljoch an und führt noch Sondierungen auf dem Weg von der Station dorthin und beim Rückweg unterhalb des Schachts durch. Ankunft an der Station um ca. 19:30 Uhr.

Für die Arbeiten am 06.05. werden die Teams leicht verändert:

1. Zolles, Siller, Sarx (Feldbuch HEF 1, GPS 5) verlassen als erstes Team die Station und gehen via Stationsferner und Langtaufererjoch zum Schacht Langtaufererjochferner, sondieren auf dem Weg und legen den Schacht an. Danach restliche Sondierungen am Langtaufererjochferner und Abfahrt zum Hintereisferner. Aufstieg über das Hintere Eis ins Skigebiet Schnalstal. Ankunft am Parkplatz Kurzras um ca. 17:00 Uhr.
2. Thorlaksson und Krieger (Feldbuch HEF 2, GPS 6) führen Sondierungen am Südhang der Langtaufererspitze und in der Geländekammer unterhalb der Weißkugelostflanke und des Weißkugeljochs durch. Treffen Team 3 am Schacht Teufelsegg und steigen gemeinsam mit diesem ins Teufelsegg auf. Ankunft am Parkplatz Kurzras um ca. 16:00 Uhr.
3. Dusch, Schlumpberger, Ehrler (Feldbuch KWF 1, GPS 4) reinigen die Station und legen ein Stationsinventar (Essen und Ausrüstung) an. Danach Abfahrt zum HEF und sondieren des Aufstiegs zum Schacht Teufelsegg. Als dieser angelegt ist trifft Team 2 ein. Gemeinsamer Aufstieg zum Teufelsegg, dabei letzte Sondierungen. Ankunft am Parkplatz Kurzras um ca. 16:00 Uhr.

#### **Witterung:**

Zwischen 25.04.2017 und 04.05.2017 fielen am Alpenhauptkamm ca. 100cm Neuschnee. Dadurch waren die Arbeiten am Hintereisferner mit Ski sehr gut und nachdem sich die Lawinenlage etwas entspannt hatte auch sicher durchführbar. Der 05.05.2017 war ein sonniger und vor allem in den Südhängen außergewöhnlich warmer Tag. Der Schnee war Vormittags noch pulvrig hat aber im Tagesverlauf vor allem Südseitig enorm durchfeuchtet. Die Spurarbeiten die von allen Teams geleistet werden musste wurde durch den Neuschnee deutlich anspruchsvoller. Der 06.05.2017 startete mit ~6/8 Bewölkung welche sich schon am Vormittag auf 8/8 verdichtete. Die Wolkendecke war niedrig und die Sicht sehr schlecht. Konturen waren kaum zu erkennen. Der feuchte Schnee vom Vortag entwickelte einen Harschdeckel. Am Nachmittag setzte Schnee bzw. Regen ein. Allgemein eher schlechte Bedingungen.

#### **Allgemeines:**

Da die Wegpunkte auf den GPS-Geräten nicht verwendbar waren, konnten Sondierungen und Schächte nicht exakt an den Vorjahrespositionen gemacht werden. Die Sondierungen wurden mit Hilfe der Arbeitskarten und der Ortskenntnisse der Teamführer bestmöglich an die Vorjahreswege angelegt. Für die Schächte konnten zusätzlich die GPS-Höheninformationen verwendet werden.

## Winterschächte 2017:

Schacht AWS alt							
Schacht: AWS	H = 111.5	X = 636568	Y = 5186049	Alt: 2503	Date:	5.5.2017	
Maria Ehrler, Daniel Thorlaksson					Time:	01:10:00 PM	
Durchmesser Rohr [cm]:		5,6	Länge [cm]:		20,5		
Abstich	Füllhöhe [cm]	Masse [g]	Tara [g]	korrigierte Masse [kg]	Dichte [kg/m³]	Wasserwert [kg/m²]	
1	20,1	110	585	0,110	222	45	15 cm May snow?
2	20,7	135	585	0,135	265	55	72 cm v.u. fresh snow (April)
3	20,7	220	585	0,220	432	89	ice lence at 62,5-64 v.u.
4	20,8	235	585	0,235	459	95	Sahara dust at 61 v.u.
5	19,1	180	585	0,180	383	73	ice lence/Sahara dust at 21-22 v
6	6,8	60	585	0,060	358	24	
<b>Gesamt:</b>	108	940	3510	1	353	382	
Korrektur Abstichfehler:						12	111.5-111 * 353 / 100
Schnee 30.09.2016:						0	from autumn m.b.
Schnee seit 01.05.2017:						33	222*15cm / 100
<b>Winterbilanz (01.10.2016 bis 30.04.2017)</b>						<b>360</b>	
Schacht L6							
Schacht: L6	H = 237,5 cm	X = 635109	Y = 5184634	Alt: 2748	Date:	5.5.2017	
Maria Ehrler, Daniel Thorlaksson					Time:	04:05:00 PM	
Durchmesser Rohr [cm]:		5,6	Länge [cm]:		20,5		
Abstich	Füllhöhe [cm]	Masse [g]	Tara [g]	korrigierte Masse [kg]	Dichte [kg/m³]	Wasserwert [kg/m²]	
1	20,7	95	585	0,095	186	39	7 cm May snow?
2	20,8	110	585	0,110	215	45	74 cm snow april
3	20,7	145	585	0,145	284	59	ice lence 161-163,5v.u.
4	20,1	165	585	0,165	333	67	ice lence 155-156 v.u.
5	20,3	200	585	0,200	400	81	
6	20,5	195	585	0,195	386	79	6 broken ice lences between 12
7	20,5	220	585	0,220	436	89	
8	20,5	230	585	0,230	456	93	
9	20,4	220	585	0,220	438	89	
10	20,5	180	585	0,180	356	73	
11	12,2	110	585	0,110	366	45	
12	12,5	100	585	0,100	325	41	
<b>Gesamt:</b>	229,7	1970	7020	1,97	348	800	
Korrektur Abstichfehler:						27	237,5-229,7 * 348 / 100
Schnee 30.09.2015:						0	from autumn m.b.
Schnee seit 01.05.2016:						13	186*7cm / 100
<b>Winterbilanz (01.10.2015 bis 30.04.2016)</b>						<b>814</b>	

Schacht Teufelsegg						
<b>Schacht: TEE</b>	Tiefe = 295 cm	X = 633540	Y = 5183429	Alt: 3035	Date:	06.05.2017
Matthias Dusch, Maria Ehrler, Miriam Schlumpberger				Time:		12:45
Durchmesser Rohr [cm]:		5,7	Länge [cm]:		21,2	
Abstich	Füllhöhe [cm]	Masse [g]	Tara [g]	korrigierte Masse [kg]	Dichte [kg/m³]	Wasserwert [kg/m²]
1	21,1	640	550	0,090	173	37
2	21,1	665	550	0,115	221	47
3	21,1	690	550	0,140	269	57
4	21,1	720	550	0,170	327	69
5	21,1	710	550	0,160	308	65
6	21,1	770	550	0,220	423	89
7	21,1	775	550	0,225	433	91
8	21,1	780	550	0,230	443	93
9	21,1	790	550	0,240	462	97
10	21,3	795	550	0,245	467	99
11	20,5	770	550	0,220	436	89
12	21,1	760	550	0,210	404	85
13	21,1	760	550	0,210	404	85
14	15				404	61
<b>Gesamt:</b>	288,9	9625	7150	2,475	370	1065
				Korrektur Abstichfehler:		23
				Schnee 30.09.2015:		41
				Schnee seit 01.05.2016:		79
				<b>Winterbilanz (01.10.2015 bis 30.04.2016)</b>		<b>968</b>
Schacht Weißkugeljoch						
<b>Schacht: WKJ</b>	H = 346 cm	X = 633074	Y = 5184108	Alt: 3154	Date:	5.5.2017
Matthias Dusch, Veronika Krieger, Miriam Schlumpberger				Time:		17:00
Durchmesser Rohr [cm]:		5,7	Länge [cm]:		21,2	
Abstich	Füllhöhe [cm]	Masse [g]	Tara [g]	korrigierte Masse [kg]	Dichte [kg/m³]	Wasserwert [kg/m²]
1	21,2	610	560	0,050	96	20
2	21,2	645	560	0,085	163	35
3	21,2	690	560	0,130	249	53
4	21,2	720	560	0,160	306	65
5	21,2	725	560	0,165	316	67
6	21,2	755	560	0,195	373	79
7	21,2	765	560	0,205	393	83
8	21,2	790	560	0,230	440	93
9	21,2	785	560	0,225	431	91
10	21,2	780	560	0,220	421	89
11	21,2	795	560	0,235	450	95
12	21,2	800	560	0,240	460	97
13	21,2	785	560	0,225	431	91
14	21,2	780	560	0,220	421	89
15	21,2	780	560	0,220	421	89
16	21,2	765	560	0,205	393	83
	2				393	8
<b>Gesamt:</b>	341,2	11970	8960	3,01	362	1230
				Korrektur Abstichfehler:		17
				Schnee bis 30.09.2016:		35
				Schnee seit 01.05.2017:	30 cm	39
				<b>Winterbilanz (01.10.2016 bis 30.04.2017)</b>		<b>1174</b>



Schacht Hintereisjoch								
<b>Schacht: HEJ</b>	H = 400 cm	X = 632318	Y = 5183532	Alt: 3328	Date:	5.5.2017		
Tobias Zolles, Mira Ehrler, Sebastian Sarx					Time:	17:00		
Durchmesser Rohr [cm]:		5,6	Länge [cm]:	21				
Abstich	Füllhöhe [cm]	Masse [g]	Tara [g]	korrigierte Masse [kg]	Dichte [kg/m³]	Wasserwert [kg/m²]		
1	22,0	620	550	0,070	129	28	40 cm snow May	
2	20,5	630	550	0,080	158	32		
3	21,0	660	550	0,110	213	45		
4	21,0	682	550	0,132	255	54	78 v.o. snow April	
5	21,0	728	550	0,178	344	72		
6	19,0	708	550	0,158	338	64		
7	21,0	745	550	0,195	377	79	272-275 v.u. ice lence	
8	21,0	750	550	0,200	387	81		
9	21,0	752	550	0,202	391	82		
10	20,6	762	550	0,212	418	86		
11	21,0	765	550	0,215	416	87		
12	14,8	775	550	0,225	617	91		
13	21,0	807	550	0,257	497	104		
14	21,0	820	550	0,270	522	110		
15	21,0	810	550	0,260	503	106		
16	21,0	790	550	0,240	464	97		
17	21,0	780	550	0,230	445	93		
18	21,0	785	550	0,235	454	95		
	17,0				454	77		
<b>Gesamt:</b>	<b>386,9</b>	<b>13369,0</b>	<b>9900,0</b>	<b>3,5</b>	<b>388</b>	<b>1486</b>		
			Korrektur Abstichfehler:			51		
			Schnee 30.09.2016:			78	aus Schacht 2016,	
			Schnee seit 01.05.2017:	40 cm		58		
			<b>Winterbilanz (01.10.2016 bis 30.04.2017)</b>			<b>1401</b>		
Schacht Langtaufererjochferner								
<b>Schacht: LJF</b>	H = 326 cm	X = 633836	Y = 5185623	Alt: 3097	Date:	06.05.2017		
Tobias Zolles, Sebastian Sarx, Maria siller					Time:	13:00		
Durchmesser Rohr [cm]:		5,7	Länge [cm]:	21				
Abstich	Füllhöhe [cm]	Masse [g]	Tara [g]	korrigierte Masse [kg]	Dichte [kg/m³]	Wasserwert [kg/m²]		
1	21	637	545	0,092	178	37	51 cm snow May	
2	21	679	545	0,134	259	54		
3	21	705	545	0,160	309	65		
4	19,5	705	545	0,160	333	65	81 cm snow april	
5	20	667	545	0,122	248	50		
6	21	750	545	0,205	396	83		
7	21	773	545	0,228	441	93		
8	21	770	545	0,225	435	91	until 180 v.u. kompact snow	
9	20	765	545	0,220	447	89		
10	20,5	680	545	0,135	267	55		
11	21	790	545	0,245	474	99		
12	21	785	545	0,240	464	97		
13	21	750	545	0,205	396	83	until 74 v.u. Gries	
14	21	750	545	0,205	396	83		
15	21	745	545	0,200	387	81		
16	14,2	710	545	0,165	472	67		
<b>Gesamt:</b>	<b>325,2</b>	<b>11661</b>	<b>8720</b>	<b>2,941</b>	<b>369</b>	<b>1194</b>		
			Korrektur Abstichfehler:			3		
			Schnee 30.09.2016:			56	Neuschnee 31.09.:	
			Schnee seit 01.05.2017:			111		
			<b>Winterbilanz (01.10.2016 bis 30.04.2017)</b>			<b>1030</b>		



Abbildung 17: Schacht AWS alt am 05.05.2016 mit zwei deutlichen Horizonten. Foto: Maria Ehrler



Abbildung 18: Schacht TEE am 6.5.20167 (Matthias Dusch). Foto: Maria Ehrler

---

## D.2.2 Feldkampagne Pegelablesung HEF und KWF 13.07.2017

### Teilnehmer:

Mathias Dusch, Maria Siller, Veronika Krieger, Veronika Hatvan (alle ACINN)

### Ausgeführte Arbeiten:

- Ablesen aller schneefreien Abblaispegel im Bereich der HEF-Zunge und des KWF.
- Visuelle Kontrolle der AWS Hintereisferner
- Fotodokumentation

### Ablauf:

Gemeinsame Abfahrt in Innsbruck um ca. 6:30Uhr nach Rofen. Von dort Aufstieg zum Hochjochhospiz, kurze Lagebesprechung Weiterweg um ca. 10 Uhr in 2 Teams:

Team HEF: Dusch, Krieger (GPS: ACINN 1 2017)

Team KWF: Siller, Hatvan (GPS: ACINN 2 2017)

Team HEF ging auf der aperen Zunge ungefähr bis zum Teufelseck-Schacht. Die dortigen Pegel TA12 und TEb wurden nicht gefunden bzw. konnten nicht erreicht werden.

Alle anderen Zungenpegel wurden gefunden, gemessen und neu im GPS markiert.

Die AWS Hintereisferner wurde visuell kontrolliert. Es konnten keine groben Mängel festgestellt werden. Der SR50 Schneehöhensensor ist nicht mehr vorhanden und wurde offenbar abmontiert. Der Strahlungssensor misst direkt über einem kleinen Schmelzwasser Bach. Steine in der Nähe des Strahlungssensors wurden entfernt.

Team KWF konnte alle Pegel bis KWF12/16 finden, messen und im GPS markieren. Pegel KWF18/15 wurde gesucht aber aufgrund des Altschnees nicht gefunden. Bis auf Pegel KWF16/15 (5cm Schnee) und KWF12/16 (>60cm Schnee) waren alle anderen gefundenen Pegel aper.

Team HEF traf um 17:15Uhr am Hospiz ein, Team KWF um ca. 18:00Uhr. Nach einem kurzen Essen Abstieg nach Rofen und Heimfahrt nach Innsbruck. Ankunft um 21:45Uhr.

### Witterung:

Leichter Regen und dichte Bewölkung bei der Fahrt ins Ötztal. Trocken und auflockernd ab dem Start in Rofen. Im Tagesverlauf heiter, mit wechselnder Bewölkung (3/8 bis 5/8). Am Hintereisferner dominierende Hangabwinde. Großflächiges Schmelzen in allen Bereichen.



Abbildung 19: Der HEF am 13.07.2017 Richtung Weißkugeljoch. Foto Matthias Dusch.



Abbildung 20: Die Zunge des KWF am 13.07.2017. Der gesamte Zungenbereich ist bereits schneefrei. Foto: Maria Siller.

### D.2.3 Feldkampagne Firnpegel bohren am HEF am 08.08.2017

#### Ziel der Feldkampagne:

- Bohren von Ablationspegeln im Akkumulationsgebiet

#### Teilnehmer:

- Georg Kaser, Matthias Dusch (ACINN)

#### Ablauf und ausgeführte Arbeiten:

Abfahrt in Innsbruck um 4:15Uhr nach Kurzras. Jeeptransport zur Talstation vom Teufelsecklift um 7Uhr. Von dort Aufstieg zum Übergang Teufelseck-HEF und weiter entlang des Grates bis zum Gletscher.

2 Pegel konnten im oberen Bereich, auf 3287m und 3229m, eingebohrt werden. Danach musste wegen schlechter Sicht und unzugänglichem Spaltengelände abgebrochen werden. Ein weiterer Pegel konnte beim Abstieg im Bereich des Teufelseck auf 3096m eingebohrt werden.

Danach Abstieg und Rückfahrt nach Innsbruck. Ankunft 18:00Uhr.

#### Witterung:

Von Tagesbeginn an dichte Staubewölkung durch Südföhn. Am Gletscher vereinzelte Auflockerungen die eine Orientierung ermöglichten, aber größtenteils sehr schlechte Sicht.



Abbildung 21: Matthias Dusch beim Bohren eines Ablationspegels im Firngebiet am 08.08.2017 Foto: Georg Kaser

---

## D.2.4 Feldkampagne Pegelbohren am HEF 21.-22.08.2017

### Teilnehmer:

- Matthias Dusch, Maria Siller, Veronika Krieger, Lukas Langhammer (alle ACINN)

### Ausgeführte Arbeiten:

- Einbohren neuer Ablationspegel am Hintereisferner und Langtaufererjochferner
- Nachbohren ausapernder Ablationspegel im Zungenbereich des HEF
- Ablesen bestehender Ablationspegel
- Fotodokumentation

### Ablauf:

Gemeinsame Abfahrt in Innsbruck um 4:20Uhr nach Rofen im Ötztal. Helikopter Flug zum Gletscher um 7:00Uhr.

Team 1 (Siller, Langhammer. GPS ACINN 2. Feldbuch HEF 2) wird mit Dampfbohrer und 36 Pegeln an der AWS HEF abgesetzt und beginnt dort mit den Bohrarbeiten. Bis 19:00 werden alle 9 Pegel von L10 bis 87 mit Ausnahme des ausgeaperten Pegels 50 eingebohrt. Pegel L10 kann wahrscheinlich auf Grund eines Felsens nur 9m eingebohrt werden. Um keine Zeit zu verlieren wird kein zweiter Pegel gebohrt. Pegel L7 und 87 werden 10m eingebohrt. Alle anderen Pegel an diesem Tag 12m. Der Bohrer wird über Nacht an der AWS verstaut und das Team trifft um ca. 19:45 an der Station HEF ein.

Team 2 (Dusch, Krieger. GPS ACINN 1. Feldbuch HEF 1) setzt zuerst Proviant und Material in der Nähe der Station HEF ab und wird anschließend vom Helikopter unterhalb des WKJ-Schachts abgesetzt.

Von dort ausgehend werden drei Pegel (alle 4m) in der Geländekammer südlich der Langtaufererjoch Spitze mit dem Kovacs Bohrer gebohrt. Der zweite Pegel ist ungewöhnlich schwer zu bohren und verbrauchte zwei der vier Akkus. Um für den zweiten Arbeitstag Akkus zu sparen wird darauf verzichtet mehr als 3 Pegel zu bohren. Des Weiteren werden alle Pegel bis hinunter zu L5 abgelesen. Danach Aufstieg zur Station HEF und arbeiten an der Station (Transport der abgesetzten Materialien zur Station, Trinkwasser holen im Westen der Station, auswechseln zweier Gasflaschen, etc.). Abschluss der Arbeiten um 17:30Uhr.

Am zweiten Tag startet Team 1 um 9:00Uhr zur AWS HEF und bohrt Pegel 51, p22 und L6 auf 12m sowie p26 auf 10m ein. Für die 13 Pegel wurden knapp 5 Coleman Propan Kartuschen verbraucht. Der neue Bohrer hat gut funktioniert und pro Bohrung waren etwa 30-50min Brenndauer notwendig.

Team 2 räumt die Hütte auf und geht zum Stationsferner. Hier wird um Akku zu sparen nur ein Pegel (4m) eingebohrt. Danach spaltenreicher Aufstieg zum Langtaufererjoch und Ablesen von Pegel 108. Der Abstieg zum Langtaufererjochferner (LTJF) ist ebenfalls spaltig und auf Grund des steilen

Geländes kann erst knapp oberhalb von Pegel 206 auf den Gletscher gequert werden. Ein neuer Pegel wird in der Nähe von Schacht B22 eingebohrt. Obwohl noch Akku-Kapazitäten vorhanden wären, wird darauf verzichtet weitere Pegel einzubohren, da der Zustieg zum eigentlichen Gletscher zu viel Zeit in Anspruch genommen hat. Abschließend werden alle Pegel am LTJF abgelesen.

Beide Teams treffen um ca. 14:30 an der AWS HEF ein. Dort wird folgende Ausrüstung zum Abtransport mit Helikopter deponiert:

- Alukiste mit Dampfbohrer, Schlauch, 4 leeren Propankartuschen, 1 fast leere Propankartusche, 1 volle Butankartusche, ca. 30 Verbindern, Biwaksack als Windschutz, sonstige Bohrausrüstung wie Wasserbehältnis, Feuerzeug, etc.

- 4x1m Kovacs-Bohrgestänge (ohne Bohrkopf), liegt zusammen getaped neben der Alukiste.

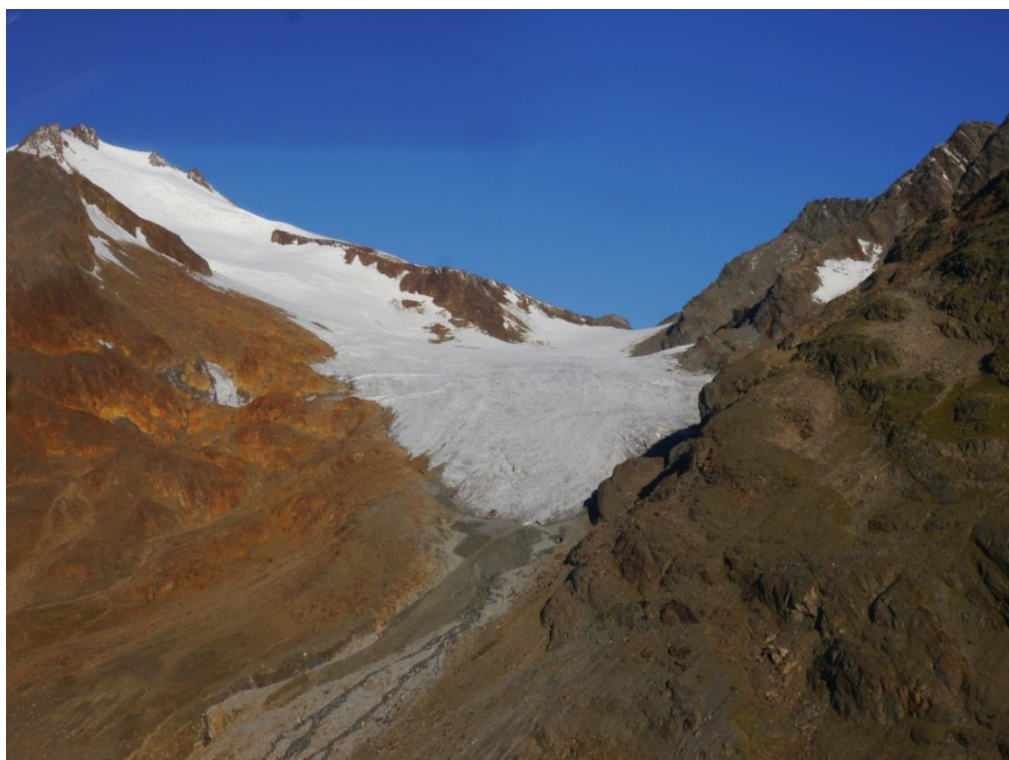
Rückweg nach Rofen zu Fuß und Fahrt nach Innsbruck. Ankunft gegen 19:00Uhr.

#### **Witterung:**

Der 21.08.17 startet kühl und föhnig aber mit wenig Bewölkung. Im Tagesverlauf verdichtete sich diese und es vielen auch vereinzelt Schnee/Graupel Flocken. Der 22.08.17 war wärmer als der Vortag. Anfänglich dichte Bewölkung lockerte im Tagesverlauf auf.



Abbildung 22: Starke Zerklüftung im Zungenbereich des HEF. Foto: Maria Siller, 21.08.2017



*Abbildung 23: Blick auf den Landtaufenerjochferner am 21.08.2017. Foto: Matthias Dusch.*



---

## D.2.5 Feldkampagne Pegelbohren am KWF am 30.8.2017

### Teilnehmer:

- Matthias Dusch, Maria Siller (alle ACINN)

### Ausgeführte Arbeiten:

- Einbohren neuer Ablationspegel und Nachbohren am Kesselwandferner
- Ablesen bestehender Ablationspegel
- Ablesen des Regenmesser in Vent

### Ablauf:

Aufgrund der Installation eines Regenmessers bei der Station HEF am 29.8.2017 (Abbildung 23) wurden die Arbeiten am KWF mit den notwendigen Helikopterflügen für den Materialtransport abgestimmt.

Abfahrt in Innsbruck um 5:20Uhr mit Ziel Rofen im Ötztal. Allerdings ist die Straße ab Winterstall auf Grund eines Felssturzes gesperrt. Nach Rücksprache mit Heli Tirol wird der Abflug nach Zwieselstein verlegt. Daher Rückfahrt nach Zwieselstein und Abflug zum KWF gegen 7:30Uhr.

Da somit am Nachmittag zusätzlich nach Vent abgestiegen werden muss (+30Min) und außerdem ein Bus nach Zwieselstein erreicht werden muss, beschließen die Feldarbeiter den Gletscher gegen 14Uhr zu verlassen. Daher mussten die Arbeiten auf die wichtigsten Pegel beschränkt werden.

Startpunkt ist bei Pegel KWF19, wo am Vortag von Georg Kaser (mit Heli Tirol) der Dampfbohrer und 10 Pegel deponiert wurde. Im Tagesverlauf konnten alle bestehenden Pegel mit Ausnahme von KWF13, KWF11 und KWF09 abgelesen werden. KWF05 ist bereits ausgeapert.

Ein neuer Pegel wird im Firn zwischen SS1 und SS2 mit 4m Länge gesetzt. Danach werden die beiden Pegel KWF12 und KWF16 (jeweils 6m) neu gebohrt und dabei leicht versetzt. Pegel KWF14 und KWF05 werden an bestehenden Stellen mit jeweils 8m neu gebohrt. Da im Anschluss noch Zeit ist, wird zuerst KWF10 neu gebohrt (6m) und dabei versetzt. Zuletzt wird KWF06 an gleicher Stelle neu gebohrt (8m).

Gegen 13:30Uhr verlassen die Feldarbeiter den Gletscher und steigen zum Hospiz ab. Dort kann der Dampfbohrer (+Zubehör) deponiert werden. Anschließend weiterer Abstieg über Rofen nach Vent, wo der Regenmesser abgelesen wird. Dann Busfahrt nach Zwieselstein, wo ein letzter Fußmarsch zum Landeplatz/Parkplatz nötig wird und Heimfahrt nach Innsbruck. Ankunft gegen 18:30Uhr.

### Witterung:

Sonnig, relativ warm und weitestgehend Windstill.

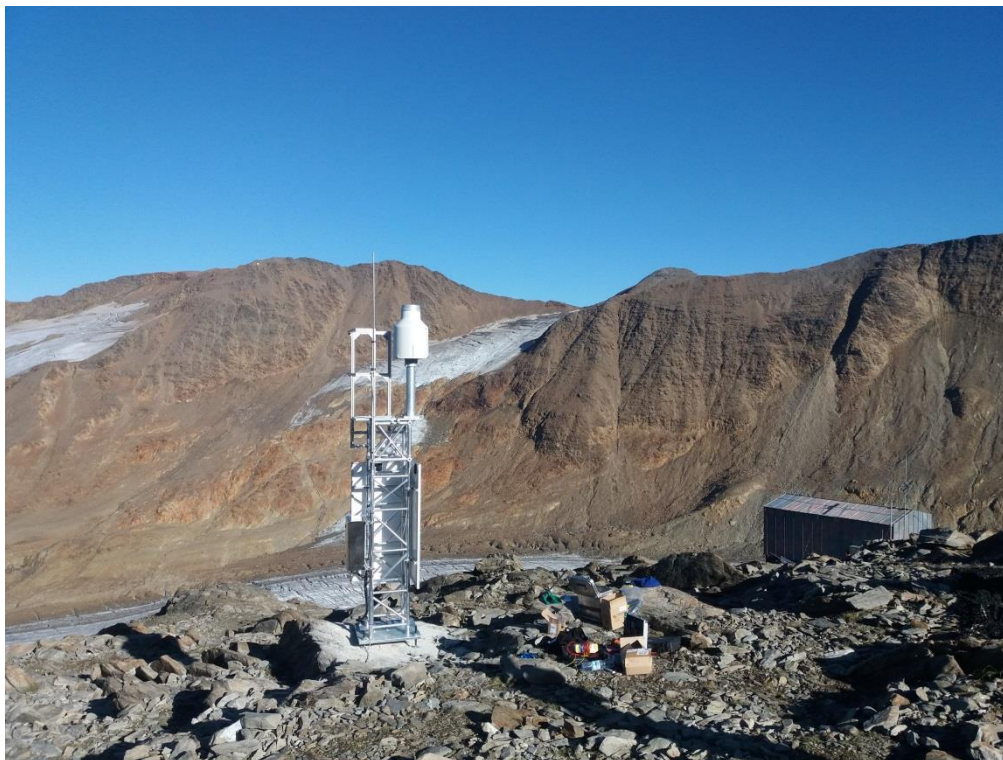


Abbildung 24: Niederschlagswaage bei der Station HEF nach der Installation am 29.8.2017. Foto: Philipp Vettori.



Abbildung 25: Der Kesselwandferner am 30.8.2017. Foto: Matthias Dusch.

## D.2.6 Feldkampagne Jahresabschluss am HEF am 04-05.10.2017

### Teilnehmer:

- Matthias Dusch, Lindsey Nicholson (ACINN)
- Sebastian Sarx, Alexander Kopp (IGI)
- Robbie Shone (privat)

### Ausgeführte Arbeiten:

- Ablesen aller auffindbaren/zugänglicher Ablationspegel
- Schneeschächte HEJ, WKJ, SST, LTJF
- Ablesen und befallen der Regenmesser Rofenberg, Station HEF, Latsch Bloder
- Wartungsarbeiten an den Wetterstationen AWS HEF und AWS Station HEF

### Ablauf:

Abfahrt in Innsbruck um 5:45Uhr nach Rofen im Ötztal. Dort Ablaufbesprechung gemeinsam mit dem KWF-Team (Siller, Rieg, Kehl). Flug mit Heli Tirol um 8:30 Uhr.

Team HEF 1 (Dusch, Kopp, Sarx. Feldbuch HEF 1. GPS ACINN 1.) wird zuerst zum Regenmesser Rofenberg geflogen und führt dort alle notwendigen Arbeiten aus. In der nächsten Rotation Aufnahme und Weiterflug zu HEJ, dort Beginn der Abschlussbegehung mit Ski. Im Tagesverlauf werden die Schächte HEF, SST und WKJ gegraben sowie alle auffindbaren Pegel im oberen Bereich des Hintereisferners abgelesen. Zusätzlich wurde in regelmäßigen Abständen die Schneetiefe sondiert, der Punkt im GPS gespeichert und im Feldbuch vermerkt. Ankunft an der Station HEF gegen 16Uhr.

Team HEF 2 (Nicholson, Shone. Feldbuch HEF 2. GPS ACINN 2.) werden zum Lantaufererjochferner geflogen und starten dort mit den Arbeiten. Am LTJF werden 2 Schächte gegraben sowie die Ablationspegel abgelesen. Danach Abstieg zur AWS HEF, wo der SR50 reinstalled wird. Aufstieg zur Station HEF und Ankunft gegen 18Uhr.

Team HEF 1 startet am nächsten Tag gegen 8Uhr und liest den Großteil aller Ablationspegel im Mittel- und Zungenbereich des HEF ab. Dann zu Fuß über das Hochjoch Hospiz zum Regenmesser Latsch Bloder und Durchführung aller nötigen Arbeiten an diesem. Abstieg nach Rofen und Ankunft gegen 17Uhr.

Team 2 arbeitet bis ca 14Uhr an der AWS Station HEF, wobei der Regenmesser nicht zum Laufen gebracht werden kann. Beim folgenden Abstieg werden die Arbeiten an der AWS HEF vervollständigt und 2-3 restliche Pegel abgelesen. Ankunft in Rofen gegen 19Uhr.

### Witterung:

Sonnig, im oberen Bereich teils sehr Windig (Föhn).

**HEF\_Eis\_2017** – Station check (Lindsey Nicholson):

4th October 15:00?

- Visited station, all looks well.
- Exchanged CF cards
- Uncovered old mast segments buried in snow
- Redrilled holes for H\_frame SR50 mast
- Mast is 2m in ice, ~2m out
- SR50 height 171cm to base.
- Mounted SR50
- Could not rewire SR50 as not sure of connections in current program

5<sup>th</sup> October 15:30

- Rewired SR50 sensor and measured instrument heights
- Checked data reading ok
- Notes in fieldbook
- Robbie Shone has photos – to follow



Abbildung 26: Schacht WKJ am 04.10.2017. Foto: Matthias Dusch

**Schneeschächte am HEF Herbst 2017:**

Schacht Hintereisjoch							
<b>Schacht: HEJ</b>	H = 85 cm	X: 632386	Y: 5183500	Alt: 3320 m	Date:	04.10.2017	
Matthias Dusch, Alexander Kopp, Sebastian Sarx					Time:	9:00 MESZ	
Durchmesser Rohr [cm]	5,70		Länge [cm]	21,1			
Abstich	Füllhöhe [cm]	Masse [g]	Tara [g]	korrigierte Masse [kg]	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Wasserwert [kg/m <sup>2</sup> ]	Comment
1	21,1	725	545	0,180	334	71	Eislinse bei 2 cm, Kruste von 11-18 cm
2	21,1	720	545	0,175	325	69	
3	21,1	750	545	0,205	381	80	
4	21,1	770	545	0,225	418	88	
5	2,0	570	545	0,025	490	10	
<b>Gesamt:</b>	<b>86,4</b>	<b>3535</b>	<b>2725</b>	<b>0,810</b>	<b>367</b>	<b>317</b>	
Korrektur Abstichfehler:					-5 kg/m <sup>2</sup>		
Korrektur Schnee 2016					82 kg/m <sup>2</sup>		aus Bilanz Vorjahr
Korrektur Schnee ab 1.10.2017:					7 kg/m <sup>2</sup>		
<b>Bilanz 2016/17:</b>					<b>223 kg/m<sup>2</sup></b>		
Schacht Schimpstollen							
<b>Schacht: SST</b>	H = 95cm	X: 632529	Y: 5184110	Alt: 3285	Date:	04.10.2017	
Matthias Dusch, Alexander Kopp, Sebastian Sarx					Time:	11:15 MESZ	
Durchmesser Rohr [cm]	5,70		Länge [cm]	21,1		Tara [g]	545
Abstich	Füllhöhe [cm]	Masse [g]	Tara [g]	korrigierte Masse [kg]	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Wasserwert [kg/m <sup>2</sup> ]	Comment
1	22,1	755	545	0,210	372	82	3 cm fresh snow, 12 cm ice linse
2	10,0	640	545	0,095	372	37	10 cm gleiche dichte
3	21,1	750	545	0,205	381	80	
4	21,1	750	545	0,205	381	80	
5	21,1	765	545	0,220	409	86	
<b>Gesamt:</b>	<b>95,4</b>	<b>3660</b>	<b>2725</b>	<b>0,935</b>	<b>384</b>	<b>366</b>	
Korrektur Abstichfehler:					-2 kg/m <sup>2</sup>		
Korrektur Schnee 2016					78 kg/m <sup>2</sup>		aus Bilanz Vorjahr
Korrektur Schnee ab 1.10.2017:					11 kg/m <sup>2</sup>		
<b>Bilanz 2016/17:</b>					<b>276 kg/m<sup>2</sup></b>		
Schacht WKJ							
<b>Schacht: WKJ</b>	H=77	X: 632943	Y: 5184060	Alt: 3157	Date:	04.10.2017	
Matthias Dusch, Alexander Kopp, Sebastian Sarx					Time:	14:00MESZ	
Durchmesser Rohr [cm]	5,70		Länge [cm]	21,1		Tara [g]	545
Abstich	Höhe [cm]	Masse [g]	Tara [g]	korrigierte Masse [kg]	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Wasserwert [kg/m <sup>2</sup> ]	Comment
1	21,1	755	545	0,210	390	82	3 cm Oktoberschnee
2	11	655	545	0,110	392	43	11 cm gleiche dichte
3	21,1	760	545	0,215	399	84	18-36 Krusten
4	21,1	770	545	0,225	418	88	
<b>Gesamt:</b>	<b>74,3</b>	<b>2940</b>	<b>2180</b>	<b>0,760</b>	<b>401</b>	<b>298</b>	
Korrektur Abstichfehler:					11 kg/m <sup>2</sup>		
Korrektur Schnee 2016					74 kg/m <sup>2</sup>		
Korrektur Schnee ab 1.10.2017:					12 kg/m <sup>2</sup>		
<b>Bilanz 2016/17:</b>					<b>223 kg/m<sup>2</sup></b>		

Schacht B22							
<b>Schacht: B22</b>	H = 82 cm	X: 633759	Y: 5185228	Alt: 3188	Date:	04.10.2017	
Lindsey Nicholson, Robbie Shone					Time:	9:00 MESZ	
Durchmesser Rohr [cm]	5,70	Länge [cm]	21				
Abstich	Füllhöhe [cm]	Masse [g]	Tara [g]*	korrigierte Masse [kg]	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Wasserwert [kg/m <sup>2</sup> ]	Comment
1	10,0	55	0	0,055	216	22	10 cm fresh snow
2	21,0	200	0	0,200	373	78	hard layer
3	21,0	200	0	0,200	373	78	around 40 (4 cm) crystalline
4	21,0	200	0	0,200	373	78	hard layers
5	7,0	60	0	0,060	336	24	hard layers end start
6	23,0	296	0	0,296	504	116	firm layer Vorjahr
<b>Gesamt:</b>	<b>80,0</b>	<b>715</b>	<b>0</b>	<b>0,715</b>	<b>350</b>	<b>280</b>	
* measured without tupe							
Korrektur Abstichfehler:					7	kg/m <sup>2</sup>	
Korrektur Schnee 2016					83	kg/m <sup>2</sup>	Herbst 2016
Korrektur Schnee ab 1.10.2017:					10	22	kg/m <sup>2</sup>
<b>Bilanz 2016/17:</b>					<b>183</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	
Schacht B22/2							
<b>Schacht: B22/2</b>	H = 71 cm	X: 633751	Y: 5185339	Alt: 3168	Date:	04.10.2017	
Lindsey Nicholson, Robbie Shone					Time:	10:20 MESZ	
Durchmesser Rohr [cm]	5,70	Länge [cm]	21				
Abstich	Füllhöhe [cm]	Masse [g]	Tara [g]	korrigierte Masse [kg]	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Wasserwert [kg/m <sup>2</sup> ]	Comment
1	9,0	70	0	0,070	305	27	9 cm fresh snow
2	21,0	220	0	0,220	411	86	hard layers
3	21,0	235	0	0,235	439	92	hard layers
4	21,0	220	0	0,220	411	86	snow until 71
5	21,0	285	0	0,285	532	112	firm
6	21,0	320	0	0,320	597	125	firm
7	18,0	240	0	0,240	523	94	firm
<b>Gesamt:</b>	<b>72</b>	<b>745</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>405</b>	<b>292</b>	
Korrektur Abstichfehler:					-4	kg/m <sup>2</sup>	
Korrektur Schnee 2016					83	kg/m <sup>2</sup>	Herbst 2016
Korrektur Schnee ab 1.10.2017:					9	27	kg/m <sup>2</sup>
<b>Bilanz 2016/17:</b>					<b>177</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	



Abbildung 27: Schacht B22/2 mit deutlichem Firnhorizont am Langtaufererjochferner. Foto: Robbie Shone, 4.10.2017

---

## D.2.7 Feldkampagne Jahresabschluss am KWF am 04.10.2017

### Teilnehmer:

- Maria Siller, Alexander Kehl (ACINN)
- Lorenzo Rieg (Geographie)

### Ausgeführte Arbeiten:

- Ablesen aller auffindbaren/zugänglicher Ablationspegel
- Schneeschächte SS1 - 3
- Ablesen und befüllen der Regenmesser Proviantdepot, Hospitz, Vernagtbrücke, Vent (5.10.2017)
- Wartungsarbeiten an den Wetterstationen Vent, Befüllung der Niederschlagswaage mit Frostschutz

### Allgemein:

Feldbuch: KWF 1, GPS: ACINN 5

Oberhalb des Brandenburgerhauses 5 cm lockerer Neuschnee von Oktober

Unterhalb windgepresst – schwer zuzuordnen – wohl je 1-3 cm windgepresster Oktoberschnee

### Schächte:

Waage nur bis 600 g, daher Schnee direkt im Sackerl gewogen (ohne Zylinder)

Tara: 10 g

Zylinderlänge: 20.6 cm, Zylinderdurchmesser: 5.7 cm

### Wetter:

Anfangs sonnig, Föhnlinen im Süden, tagsüber zunehmend bewölkt bis zu 8/8 mittelhohe Wolken, windig

## Schneeschächte am KWF Herbst 2017:

Schacht SS1						
<b>Schacht: SS1</b>	H=95	X: 635989	Y: 5190286	Alt: 3262	Date:	04.10.2017
Maria Siller, Alexander Kehr, Lorenzo Rieg					Time:	10:00 MESZ ?
Durchmesser Rohr [cm]	5,70	Länge [cm]	20,6			
Abstich	Füllhöhe [cm]	Masse [g]	Tara [g]	korrigierte Masse [kg]	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Wasserwert [kg/m <sup>2</sup> ]
1	5,1	41	0	0,041	315	16
2	21,0	204	0	0,204	381	80
3	20,6	178	0	0,178	339	70
4	20,6	203	0	0,203	386	80
5	20,6	206	0	0,206	392	81
6	5,6	60	0	0,060	420	24
<b>Gesamt:</b>	<b>93,5</b>	<b>892</b>	<b>0</b>	<b>0,892</b>	<b>374</b>	<b>350</b>
				Korrektur Abstichfehler:	6	kg/m <sup>2</sup>
				Schnee 2016	65	kg/m <sup>2</sup>
				Neuschnee Oktober 2017	17	kg/m <sup>2</sup>
				<b>Bilanz 2015/16:</b>	<b>273</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>
Schacht SS2						
<b>Schacht: SS2</b>	H = 95 cm	X: 635876	Y: 5189847	Alt: 3255	Date:	04.10.2017
Maria Siller, Alexander Kehr, Lorenzo Rieg					Time:	11:00 MESZ
Durchmesser Rohr [cm]	5,70	Länge [cm]	20,6			
Abstich	Füllhöhe [cm]	Masse [g]	Tara [g]	korrigierte Masse [kg]	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Wasserwert [kg/m <sup>2</sup> ]
1	4,8	40	0	0,040	327	16
2	20,6	190	0	0,190	361	74
3	20,6	175	0	0,175	333	69
4	20,6	196	0	0,196	373	77
5	20,6	201	0	0,201	382	79
6	7,6	90	0	0,090	464	35
<b>Gesamt:</b>	<b>94,8</b>	<b>892</b>	<b>0</b>	<b>0,892</b>	<b>369</b>	<b>350</b>
				Korrektur Abstichfehler:	1	kg/m <sup>2</sup>
				Schnee 2016	62	kg/m <sup>2</sup>
				Neuschnee Oktober 2017	16	kg/m <sup>2</sup>
				<b>Bilanz 2015/16:</b>	<b>272</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>



Schacht SS3							
<b>Schacht: SS3</b>	H = 67 cm	X: 635817	Y: 5189273	Alt: 3204	Date:	04.10.2017	
Maria Siller, Alexander Kehr, Lorenzo Rieg					Time:	11:00 MESZ	
Durchmesser Rohr [cm]		5,70	Länge [cm]	20,6			
Abstich	Füllhöhe [cm]	Masse [g]	Tara [g]	korrigierte Masse [kg]	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Wasserwert [kg/m <sup>2</sup> ]	
1	20,6	195	0	0,195	371	76	windgepresst
2	20,6	180	0	0,180	342	71	sulzig
3	20,6	225	0	0,225	428	88	Eislinsen
4	4,7	55	0	0,055	459	22	körnig
<b>Gesamt:</b>	<b>66,5</b>	<b>655</b>	<b>0</b>	<b>0,655</b>	<b>386</b>	<b>257</b>	
				Korrektur Abstichfehler:	2	kg/m <sup>2</sup>	
				Schnee 2016	62	kg/m <sup>2</sup>	
				Neuschnee Oktober 2017	0	kg/m <sup>2</sup>	
				<b>Bilanz 2015/16:</b>	<b>197</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	



Abbildung 28: Schneeschantz SS3 am KWF. Foto: Lorenzo Rieg, 04.10.2017.

### D.3 Dokumentation sonstiger Feldarbeiten in Vent und im Rofental

Tabelle 11: Ablesetabelle der RM im Rofental 2017.

Datum	Comment	VB	PD	Hospiz	HEF	RB	LB	Vent
30.09.2016	Schnals	-	-	-	+	+	+	-
22.10.2016	Flug	+	+	+	+	+	+	+
27.10.2016		+	-	-	-	-	-	-
09.11.2016		-	-	-	-	-	-	+
01.12.2016		-	-	-	-	-	-	+
30.12.2016		-	-	-	-	-	-	+
01.02.2017		-	-	-	-	-	-	+
02.03.2017		-	-	-	-	-	-	+
30.03.2017		+	+	+	-	-	-	+
02.04.2017	Schnals	-	-	-	+	-	+	-
03.06.2017		+	+	+	-	-	-	-
07.06.2017	Schnals	-	-	-	+	+	+	-
31.7.-1.8.2017		+	+	+	+	+	+	+
05.10.2017		+	+	+	+	+	+	+
31.10.2017		-	-	-	-	-	-	+
01.12.2017		-	-	-	-	-	-	+

Datum	Ausgeführte Arbeit	Personen
30.09.2016	Ablesung Totalisator	Georg Kaser
22.10.2016	Befüllung Totalisator, Tausch PD und HEF	Wolfgang Gurgiser, Irmgard Juen
27.10.2016	Entleerung und Ablesung Totalisator VB	Matthias Dusch
09.11.2016	Austausch Vent	Rainer Diewald, Philipp Vettori
01.12.2016	Wartung/Ablesung Vent	Rainer Diewald, Philipp Vettori
30.12.2016	Wartung/Ablesung Vent	Rainer Diewald, Philipp Vettori
01.02.2017	Wartung/Ablesung Vent	Rainer Diewald, Philipp Vettori
02.03.2017	Wartung/Ablesung Vent	Rainer Diewald, Philipp Vettori
30.03.2017	Ablesung Totalisator	Matthias Dusch, Maria Siller
02.04.2017	Ablesung Totalisator	Georg Kaser
03.06.2017	Ablesung Totalisator	Maria Siller, Hardy Titz
07.06.2017	Ablesung Totalisator	Matthias Dusch, Moritz Müller
31.7.-1.8.2017	Ablesung Totalisator	Matthias Dusch, Maria Siller
05.10.2017	Winterbefüllung Totalisatoren	Matthias Dusch, Maria Siller
31.10.2017	Wartung/Ablesung Vent	Rainer Diewald, Philipp Vettori
01.12.2017	Wartung/Ablesung Vent	Lukas Lehner, Philipp Vettori

Die Wartung der AWS in Vent und die monatliche Ablesung des RM Vent wurde in den Wintermonaten von Philipp Vettori und Rainer Diewald durchgeführt. Es wurde versucht die Ablesungen der RM mit den Feldarbeiten am HEF oder KWF zu kombinieren.

## D.4 Dokumentation der Analyse der Niederschlagsgradienten im Rofental

Das Rofental ist seit vielen Jahrzehnten Gegenstand von intensiven Niederschlagsmessungen. Seit 1905 werden monatliche Niederschlagssummen in Vent (1.890 m a.s.l.) aufgezeichnet. 6 Totalisatoren werden bis heute jeweils am 1.4., 1.6., 1.8. und 1.10 abgelesen und mit den Niederschlagsdaten von Vent auf monatliche Niederschlagssummen umgerechnet. Die Totalisatoren Hochjochhospitz, Proviantdepot, Rofenberg und Station Hintereis (HEF) wurden 1952 aufgebaut, die Totalisatoren Vernagtbrücke und Latschbloder im Jahr 1965. Zwischen 1963 – 1987 wurden 5 weitere Totalisatoren betreut. Diese relativ kurzen Zeitreihen sind bei der Mittelbildung nicht berücksichtigt aber dennoch aufgeführt.

Die Gradienten wurden jeweils aus den Monats- und Jahressummen in mm/100 m und %/100 m berechnet und in Tabelle 12 – 15 nach ihren statistischen Kennziffern ausgewertet.

*Tabelle 12: Statistik der Niederschlagsgradienten an den einzelnen Stationen zu Vent, berechnet aus Jahresniederschlägen. Die Stationen sind nach aufsteigender Höhe sortiert. Aufgelassene Stationen mit kurzen Zeitreihen sind aufgelistet, bei der Mittelbildung allerdings nicht berücksichtigt*

Niederschlagsgradienten [mm/Tag/100m] (bis 09/2017) jeweils ohne max und min Wert!									
Station	Höhe	Diff To Vent	Gradienten [mm/Tag/100 m]					Jahre	
			Mittel	stdev	median	min	max		r
Vent	1890	0						113	
Hochjochhospiz	2360	470	0,091	0,055	0,101	-0,071	0,184	63	0,690
Vernagtbrücke	2640	750	0,095	0,039	0,103	-0,027	0,149	51	0,623
Proviantdepot	2765	875	0,078	0,026	0,078	0,009	0,141	64	0,758
Rofenberg	2850	960	0,122	0,034	0,121	0,045	0,210	62	0,666
Latschbloder	2910	1020	0,082	0,023	0,082	0,015	0,138	51	0,724
HEF	2970	1080	0,177	0,041	0,177	0,088	0,264	64	0,678
<b>Mittel:</b>	<b>2784</b>	<b>894</b>	<b>0,101</b>	<b>0,039</b>	<b>0,103</b>				
Samoar	2650	760	0,045	0,022	0,046	0,021	0,073	7	0,930
Hintereiseralm	2900	1010	0,142	0,028	0,148	0,092	0,181	19	0,818
Guslar	2920	1030	0,106	0,025	0,098	0,078	0,140	14	0,795
Saikogel	2990	1100	0,062	0,022	0,058	0,034	0,103	16	0,631
Schwarzkögele	3080	1190	0,110	0,070	0,099	0,070	0,172	12	0,560

Tabelle 13: Statistik der Niederschlagsgradienten in %/100 m an den einzelnen Stationen zu Vent, berechnet aus Jahresniederschlägen. Die Stationen sind nach aufsteigender Höhe sortiert. Aufgelassene Stationen mit kurzen Zeitreihen sind aufgelistet, bei der Mittelbildung allerdings nicht berücksichtigt.

Niederschlagsgradienten [%/100m] (bis 09/2017) jeweils ohne max und min Wert!									
Station	Höhe	Diff To Vent	Gradienten [%/100 m]					Jahre	
Vent	1890	0	Mittel	stdev	median	min	max	113	r
Hochjochospiz	2360	470	5,2	3,2	5,75	-2,99	11,69	63	0,690
Vernagtbrücke	2640	750	5,33	2,32	5,77	-1,01	9,56	51	0,623
Proviantdepot	2765	875	4,39	1,64	4,3	0,33	7,7	64	0,758
Rofenberg	2850	960	6,77	3,12	6,51	1,72	11,49	62	0,666
Latschbloder	2910	1020	4,53	1,57	4,48	0,55	8,67	51	0,724
HEF	2970	1080	9,8	2,4	9,68	4,3	14,3	64	0,678
<b>Mittel:</b>	<b>2784</b>	<b>894</b>	<b>5,98</b>	<b>2,43</b>	<b>6,08</b>				
Samoar	2650	760	2,5	1,04	2,5	1,2	3,6	7	0,930
Hintereiseralm	2900	1010	8,2	1,66	8,4	5,65	10,4	19	0,818
Guslar	2920	1030	6,03	1,45	5,69	4,4	9,1	14	0,795
Saikogel	2990	1100	3,6	1,4	3,6	1,6	6,2	16	0,631
Schwarzkögele	3080	1190	6,3	2,1	5,9	3,9	10,1	12	0,560

Tabelle 14: Statistik der Niederschlagsgradienten [mm/Tag/100 m] an den einzelnen Stationen zu Vent, berechnet aus Monatsstummeln. Der Winter ist entsprechend dem Ablesedatum der Totalisatoren (1.4.) vom 1.10.-31.3., der Sommer vom 1.4.-30.9. definiert.

Niederschlagsgradienten in mm/Tag/100m (bis 09/2017) jeweils ohne max und min Wert!								Mittel	
Station	Gradienten [mm/Tag/100 m]					Monate		Winter	Sommer
Vent	Mittel	stdev	median	min	max	1356	r		
Hochjochospiz	0,091	0,107	0,076	-0,281	0,532	783	0,9354	0,07	0,12
Vernagtbrücke	0,096	0,084	0,081	-0,209	0,351	633	0,9260	0,07	0,12
Proviantdepot	0,079	0,067	0,079	-0,069	0,427	789	0,9347	0,06	0,10
Rofenberg	0,124	0,085	0,108	-0,028	0,465	777	0,9251	0,12	0,14
Latschbloder	0,085	0,066	0,072	-0,036	0,3203	627	0,9397	0,06	0,11
HEF	0,18	0,119	0,157	0,002	0,728	789	0,8999	0,14	0,22
<b>Mittel</b>	<b>0,109</b>	<b>0,09</b>	<b>0,094</b>					<b>0,08</b>	<b>0,13</b>
Samoar	0,046	0,053	0,037	-0,057	0,268	108	0,9593	0,03	0,06
Hintereiseralm	0,145	0,1	0,127	-0,003	0,422	267	0,9343	0,08	0,17
Guslar	0,109	0,075	0,1003	-0,0097	0,369	204	0,9290	0,08	0,14
Saikogel	0,064	0,060	0,052	-0,027	0,318	216	0,9205	0,03	0,09
Schwarzkögele	0,112	0,0796	0,092	-0,0112	0,3697	171	0,8558	0,12	0,12

Tabelle 15: Statistik der Niederschlagsgradienten [%/100 m] an den einzelnen Stationen zu Vent, berechnet aus Monatsstommen. Der Winter ist entsprechend dem Ablesedatum der Totalisatoren (1.4.) vom 1.10.-31.3., der Sommer vom 1.4.-30.9. definiert.

Niederschlagsgradienten in %/100m (bis 09/2017) jeweils ohne max und min Wert!								Saison	
Station	Gradienten [%/100 m]					Monate		Winter	Sommer
Vent	Mittel	stdev	median	min	max	1356	r		
Hochjochhospiz	5,51	5,44	5,32	-13,1	29,64	783	0,9354	5,4	5,6
Vernagtbrücke	5,7	3,99	5,73	-9,7	22,1	633	0,9260	5,7	5,6
Proviandepot	4,7	3,61	4,4	-4,7	43	789	0,9347	4,6	4,8
Rofenberg	7,43	4,17	6,81	-1,74	29,84	777	0,9251	8,4	6,4
Latschbloder	4,82	2,88	4,7	-1,68	17,86	627	0,9397	4,5	5,1
HEF	10,5	5,5	9,44	0,32	45,5	789	0,8999	10,8	10,1
<b>Mittel</b>	<b>6,5</b>	<b>4,72</b>	<b>6,1</b>					<b>6,6</b>	<b>6,1</b>
Samoar	2,78	3,24	3,29	-4,79	12,2	108	0,9593	2,6	2,9
Hintereiseralm	8,77	4,15	8,49	-0,34	28,22	267	0,9343	8,4	9,1
Guslar	6,79	4,27	6,05	-0,48	24,4	204	0,9290	6,7	6,8
Saikogel	4,05	3,5	3,48	-1,01	20	216	0,9205	3,5	4,6
Schwarzkögele	7,85	5,15	6,3	-1,87	20,5	171	0,8558	10,2	5,4

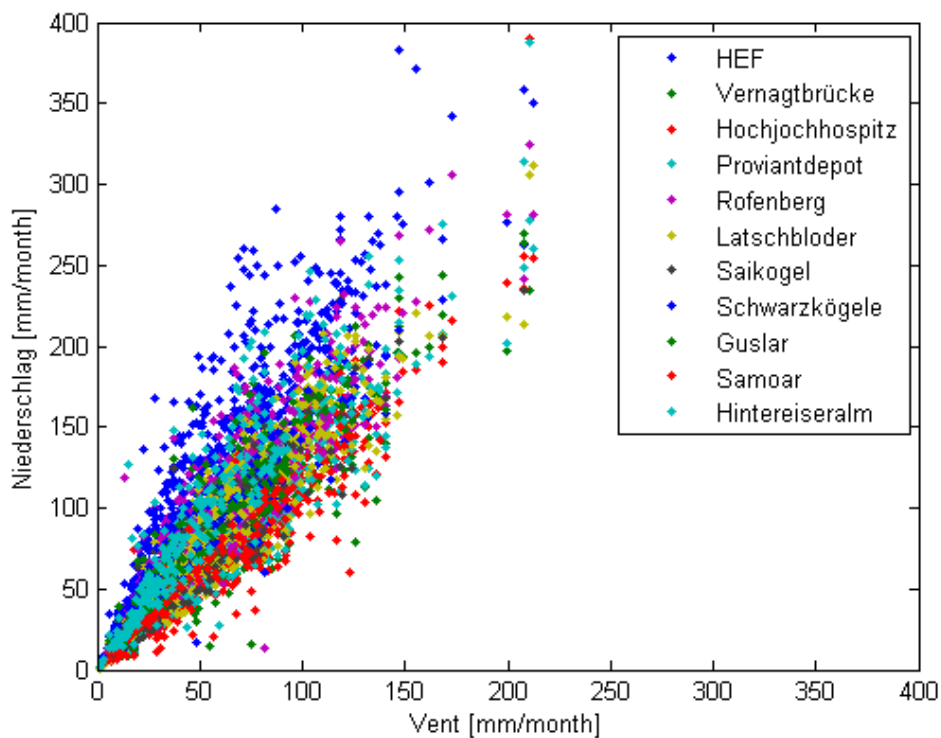


Abbildung 29: Scatterplot der Monatsniederschläge im Rofental an den einzelnen Stationen im Vergleich zu Vent.

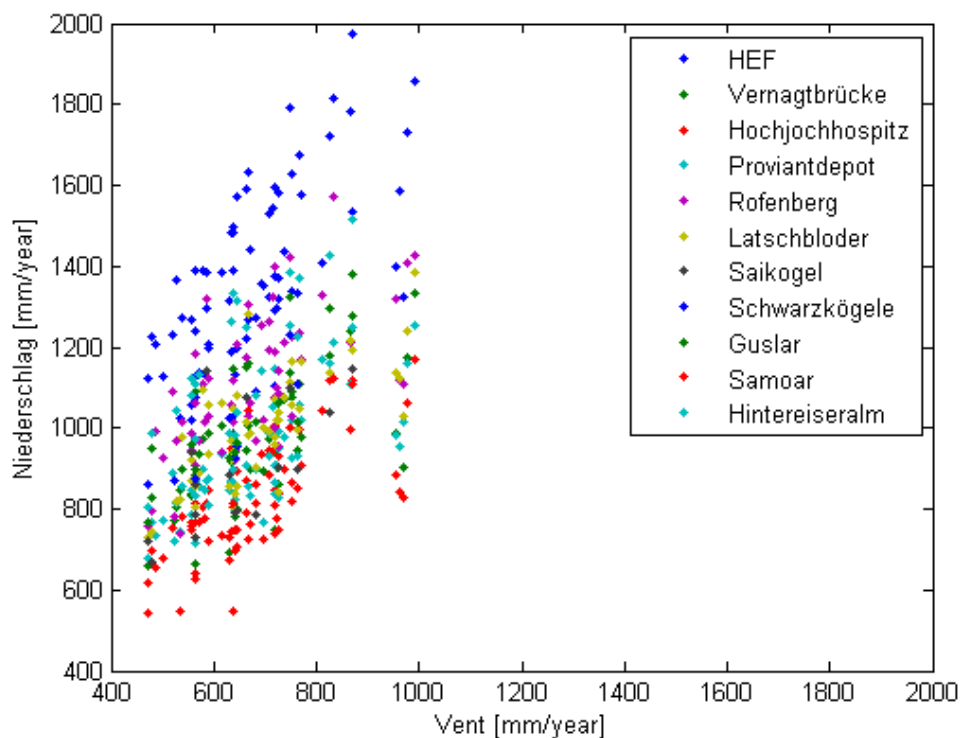


Abbildung 30: Scatterplot der jährlichen Niederschlagssummen im Rofental zu Vent.

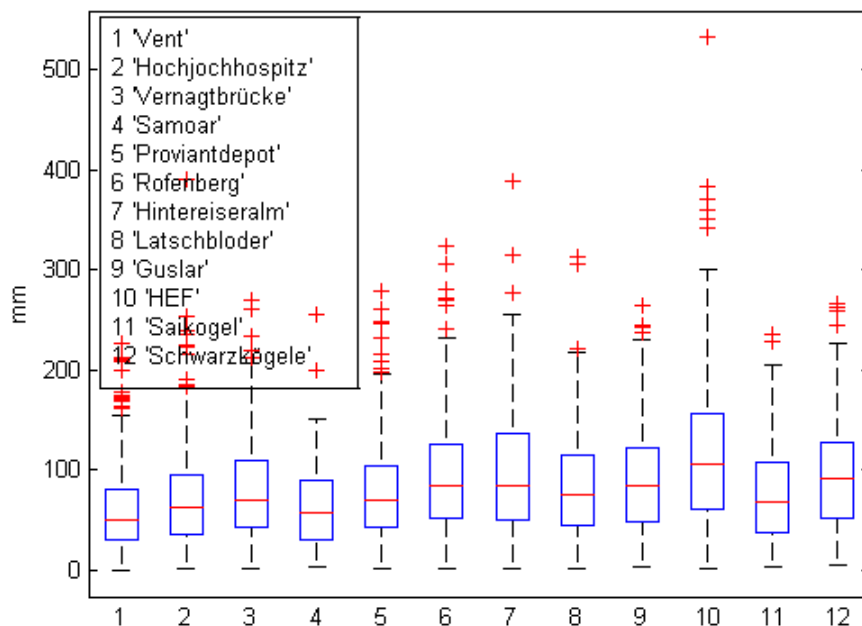


Abbildung 31: Boxplot der Monatssummen an den einzelnen Stationen im Rofental nach aufsteigender Höhe (1.890 – 3080 m a.s.l.).

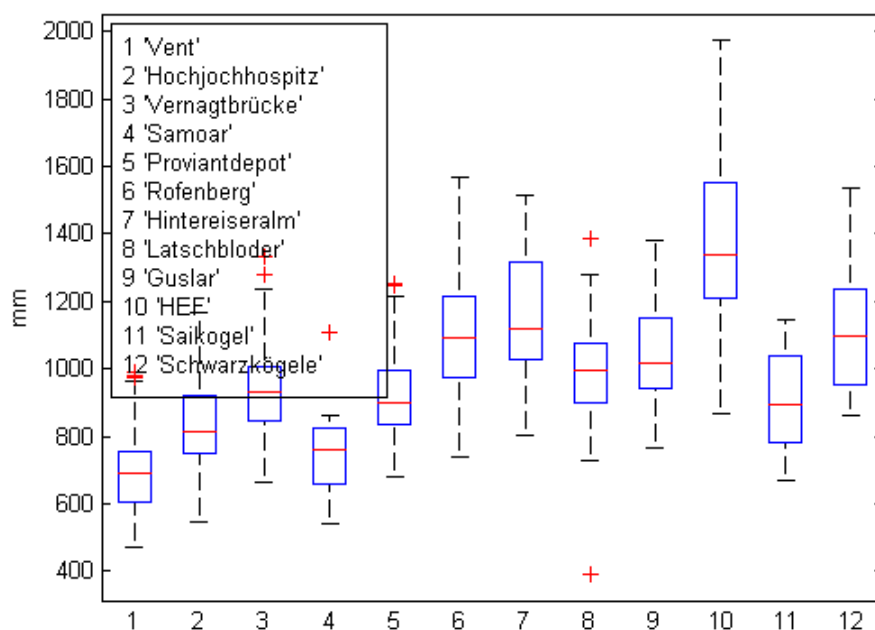


Abbildung 32: Boxplot der Jahressummen an den einzelnen Stationen im Rofental nach aufsteigender Höhe (1.890 – 3080 m a.s.l.).