

Multi-temporal UAV-survey of a calving glacier in Northwest Greenland

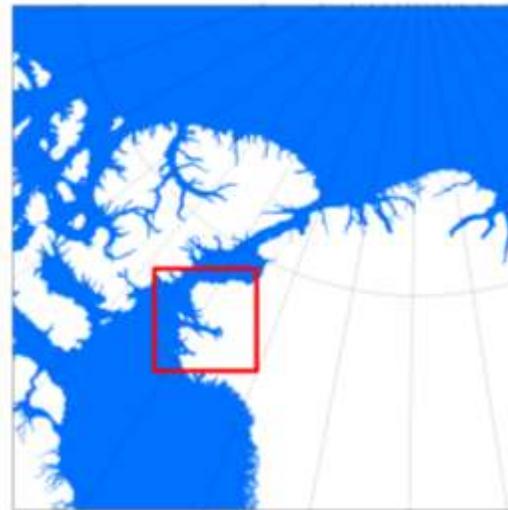
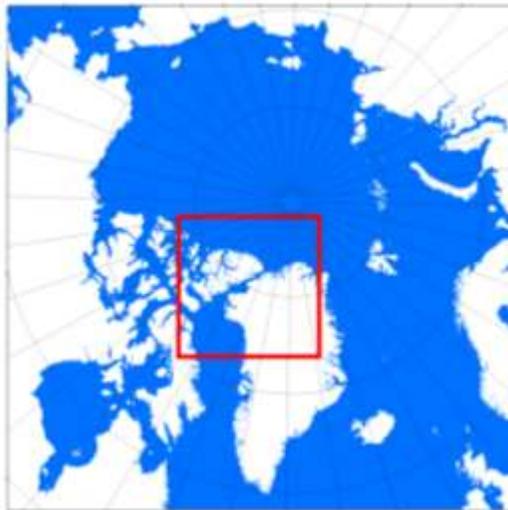


Yvo Weidmann, Guillaume Jouvét, Takahiro Abe, Martin Funk, Julien Seguinot, Shin Sugiyama

Agenda

- **Lokalität**
- **Motivation**
- **Wahl, Typ und Bau der verwendeten Drohne**
- **Durchführung Expedition 2015**
- **Ausblick Expedition 2016**
- **Zusammenfassung**

Lokalität Bowdoin-Gletscher (77° 42' N; 68° 35' W)



Motivation Bowdoin-Gletscher

Wissenschaft:

- Prozesse von Meergletscher
- Modell der Gletscherfront

Faktoren:

- Rückzug erst ab 2008
- Arbeiten an der Kalbungsfront
- Gut erreichbar
- 24h Tageslicht



Anforderungen an eine Drohne für Bowdoin

Anforderungen:

- Flüge > 50 Kilometer autonom und ausserhalb Sicht
- Flughöhe bis 500 Meter über Grund
- Nutzlast > 0.5 kg bis 1.0 kg
- Arktischen Konditionen (Wind, Temperatur, Zeltlager)
- Einfach zu reparieren, offene Konfiguration / Dokumentation

Keine geeignete Modelle -> Entscheid Eigenbau

Verwendete Basismodule:

- *Skywalker X8* Nurflügler (2.1 m Spannweite)
- *Pixhawk* Autopilot
- *APM Plane* und *MissionPlanner* als Software-Basis

Wahl, Typ und Bau der verwendeten Drohne

The Cryosphere, 9, 1–11, 2015
www.the-cryosphere.net/9/1/2015/
doi:10.5194/tc-9-1-2015

© Author(s) 2015. CC Attribution 3.0 License.



UAV photogrammetry and structure from motion to assess calving dynamics at Store Glacier, a large outlet draining the Greenland ice sheet

J. C. Ryan¹, A. L. Hubbard², J. E. Box³, J. Todd⁴, P. Christoffersen⁴, J. R. Carr¹, T. O. Holt¹, and N. Snooke⁵

¹Centre for Glaciology, Institute of Geography and Earth Sciences, Aberystwyth University, Aberystwyth, SY23 3DB, UK

²Department of Geology, University of Tromsø, 9037 Tromsø, Norway

³Geological Survey of Denmark and Greenland, Copenhagen, Denmark

⁴Scott Polar Research Institute, University of Cambridge, Cambridge, UK

⁵Department of Computer Science, Aberystwyth University, Aberystwyth, SY23 3DB, UK

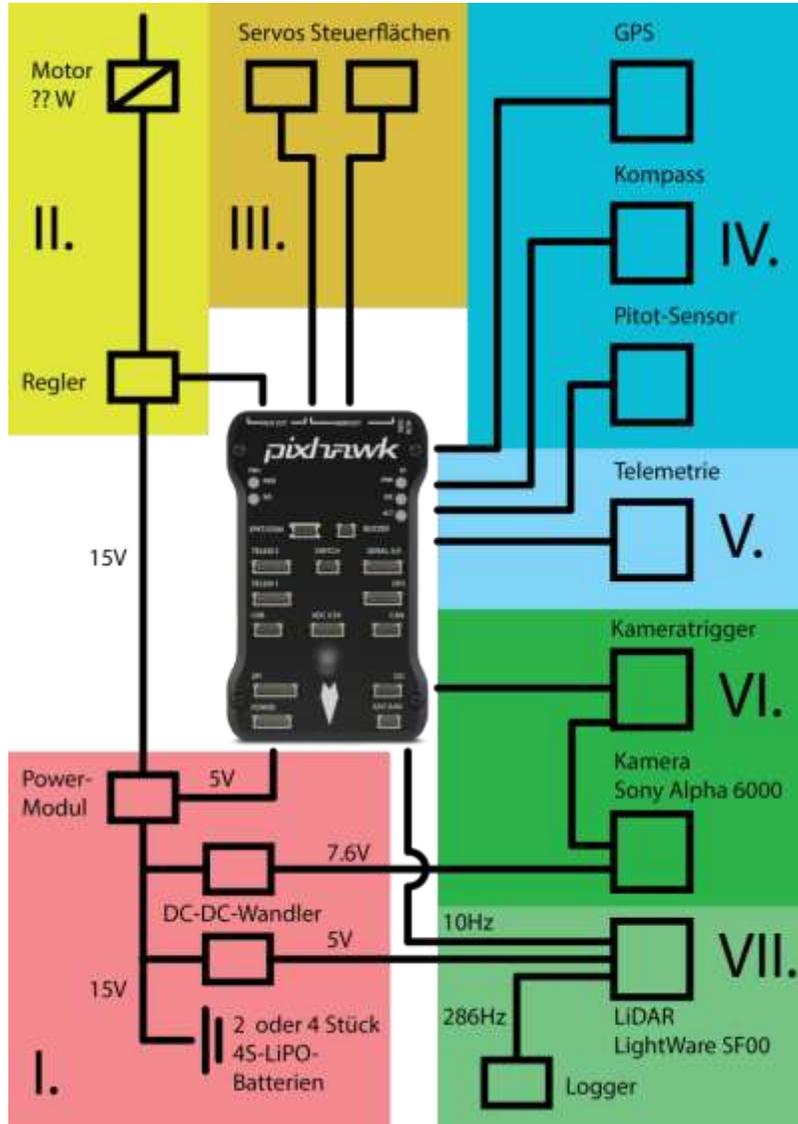
Correspondence to: J. C. Ryan (jor44@aber.ac.uk)



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



Bau der Drohne für Bowdoin



Vollständig konfigurierbares, austauschbares und offenes System basierend auf Standard-Komponenten!

Auslöseelektronik, Austauschbarkeit, Pixhawk

- **StratoSnapper2, Pixhawk APM-Plane**

Universelle Auslöseelektronik für viele Kamerasysteme

Einfach, IR- oder Kabel-Unterstützung, Austauschbarkeit

Kalibrier- und steuerbar mit Servo-Signal von Pixhawk

Eigener Log-Eintrag mit X, Y, Z, Roll, Pitch und Yaw

CAM,420509800,1853,77.69099,-68.45031,230.54,31.97,5.64,16.35,244.12



Wahl der Kamera

- **Sony α6000 E-Mount-Kamera mit APS-C-Sensor**

Auflösung: 24 Megapixel, Raw

Objektiv: 16mm, f2.8

Gewicht: 344g + 67g (Total ca. 450g)

IR-Auslöser



- **Sony α7 E-Mount Full-Frame Mirrorless Camera**

Auflösung: 36 Megapixel, Raw

Objektiv: 35mm, f2.8

Gewicht: 625g + 120g (Total ca. 750g)

IR-Auslöser



Durchführung Expedition 2015

- **Beteiligte Universitäten:**
 - Institute of Low Temperature Science Hokkaido University (Japan)
 - Versuchsanstalt für Wasserbau und Glaziologie / ETH Zürich
- **Kombination zahlreicher Experimente und Messungen:**
 - Auslesen und Wartung Bohrlöcher 2014 (Pegel, Deformation, Temperatur)
 - Auslesen und Wartung Timelaps-Kameras
 - Permanent-GPS Messungen mit Referenzstation
 - Seismik-Arrays und Infrasound-Arrays
 - ...
 - **Drohnen-basierte Oberflächenmodelle und Orthophotos der Kalbungsfront**

Anforderungen Auswertung und Flugplanung

- **Auswertung**

Horizontale Auflösung $\leq 10\text{cm}$

Vertikale Auflösung $\leq 50\text{cm}$

- **Bildblock**

Längsüberlappung $> 85\%$

Querüberlappung $> 70\%$

- **Planung**

Footprint ca. $270 \times 390\text{m}$ -> Flughöhe 250m über Grund

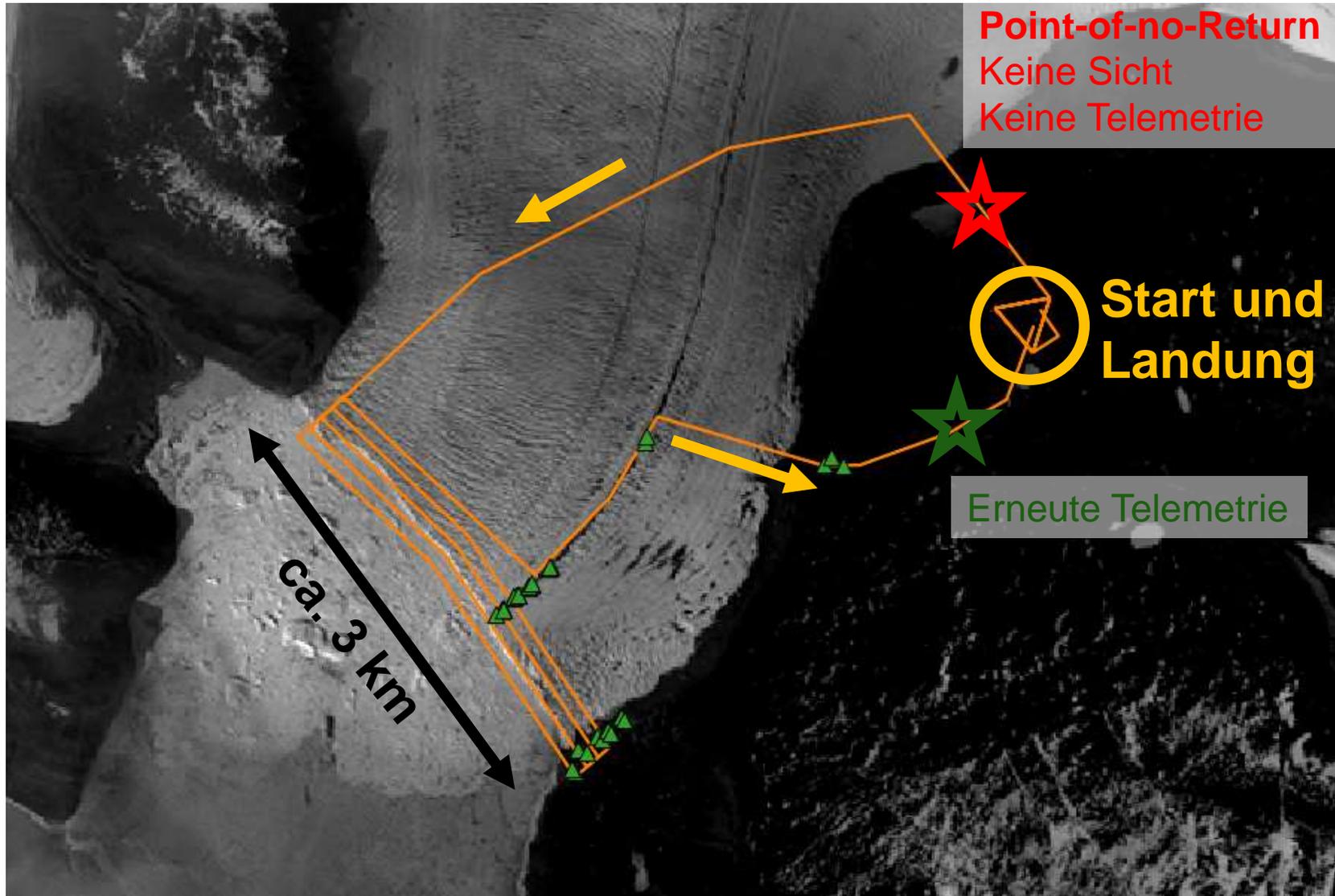
Auflösung ca. 7cm

Fluggeschwindigkeit ca. 15m/s

Bildabstand ca. 20m ($\geq 1\text{sec}$)

Linienabstand ca. 100m

Flugplan und -durchführung



Passpunkte – Typen und Herausforderungen

- **Stabile Passpunkte linker Gletscherrand**
- **Bewegliche Passpunkte Mittelmoräne**
- **Zelte**
- **Keine Passpunkte rechter Gletscherrand**



Passpunkte – Lokalitäten

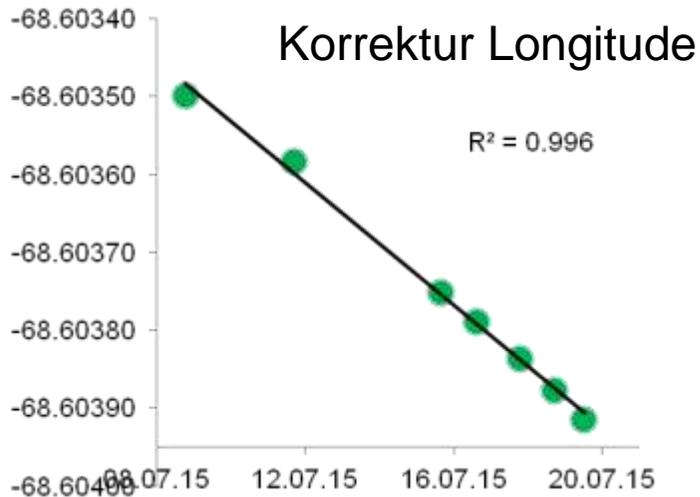
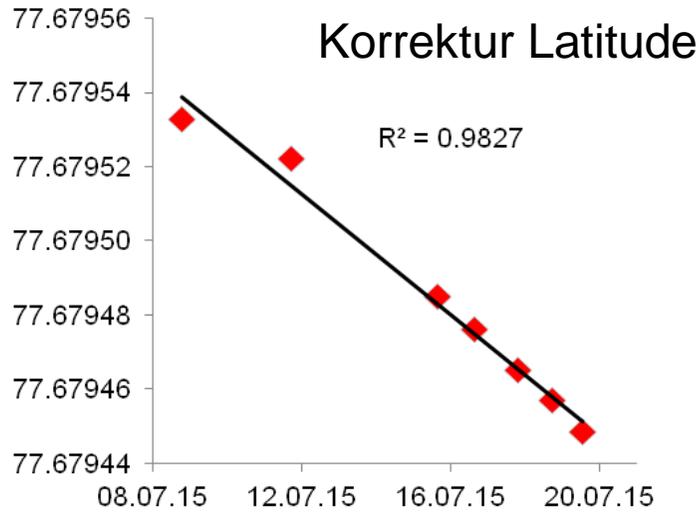


Passpunkte – Bewegende Passpunkte

- Bewegung Passpunkte Mittelmoräne ~ 1 – 2 m / Tag
- Permanente GPS-Stationen auf dem Gletscher
- 4 - 6 GPS-Messungen aller Passpunkte auf dem Gletscher
- **Lineare Interpolation X,Y,Z der Passpunkte pro Flug**

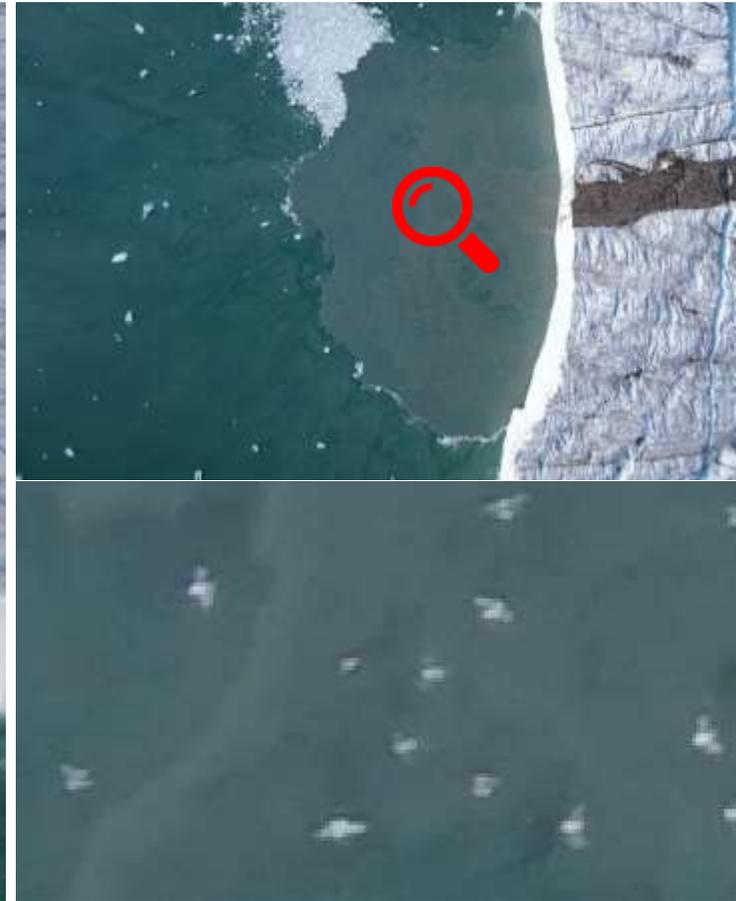


Passpunkte – Bewegende Passpunkte



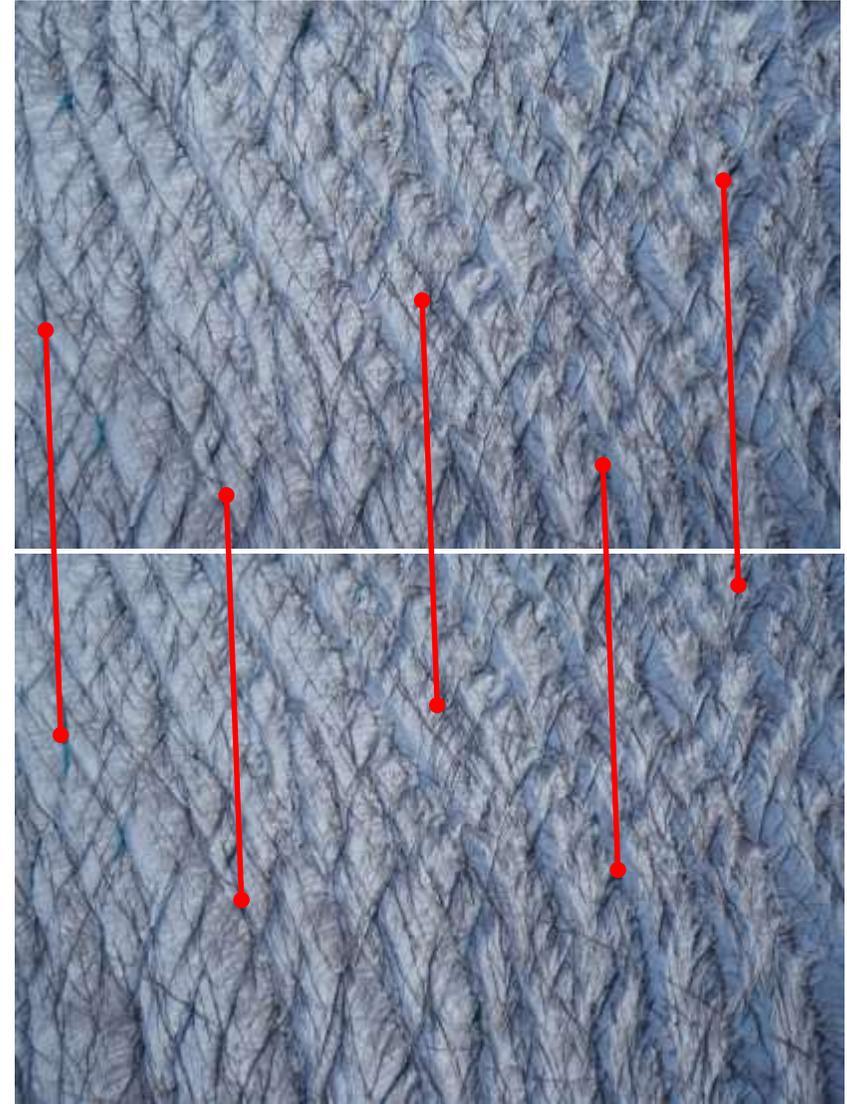
Unerwartete Herausforderungen – Auswahl

- Rauschen im Höhenmodell

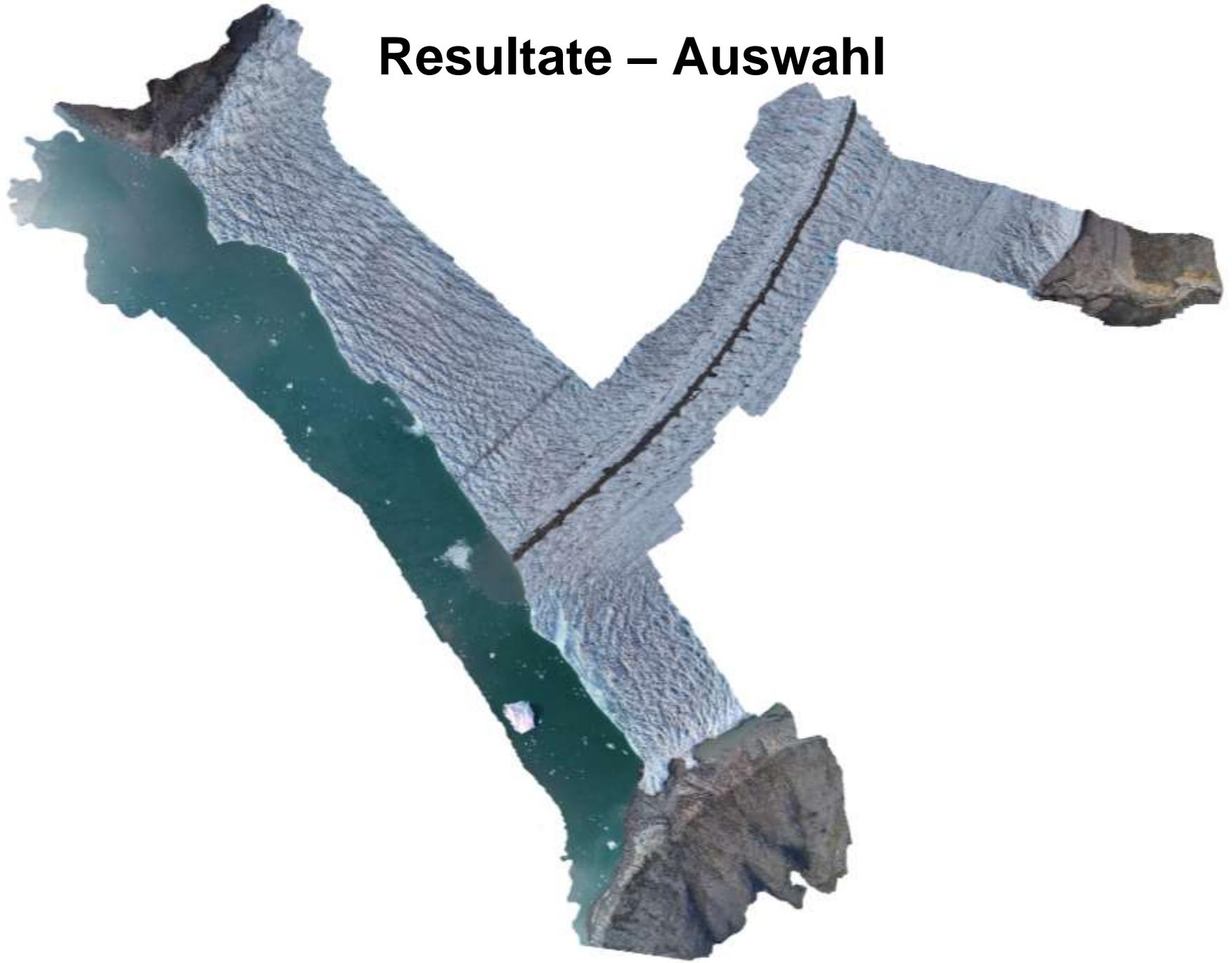


Unerwartete Herausforderungen – Auswahl

- Schwierige Berechnung der Verknüpfungspunkte



Resultate – Auswahl

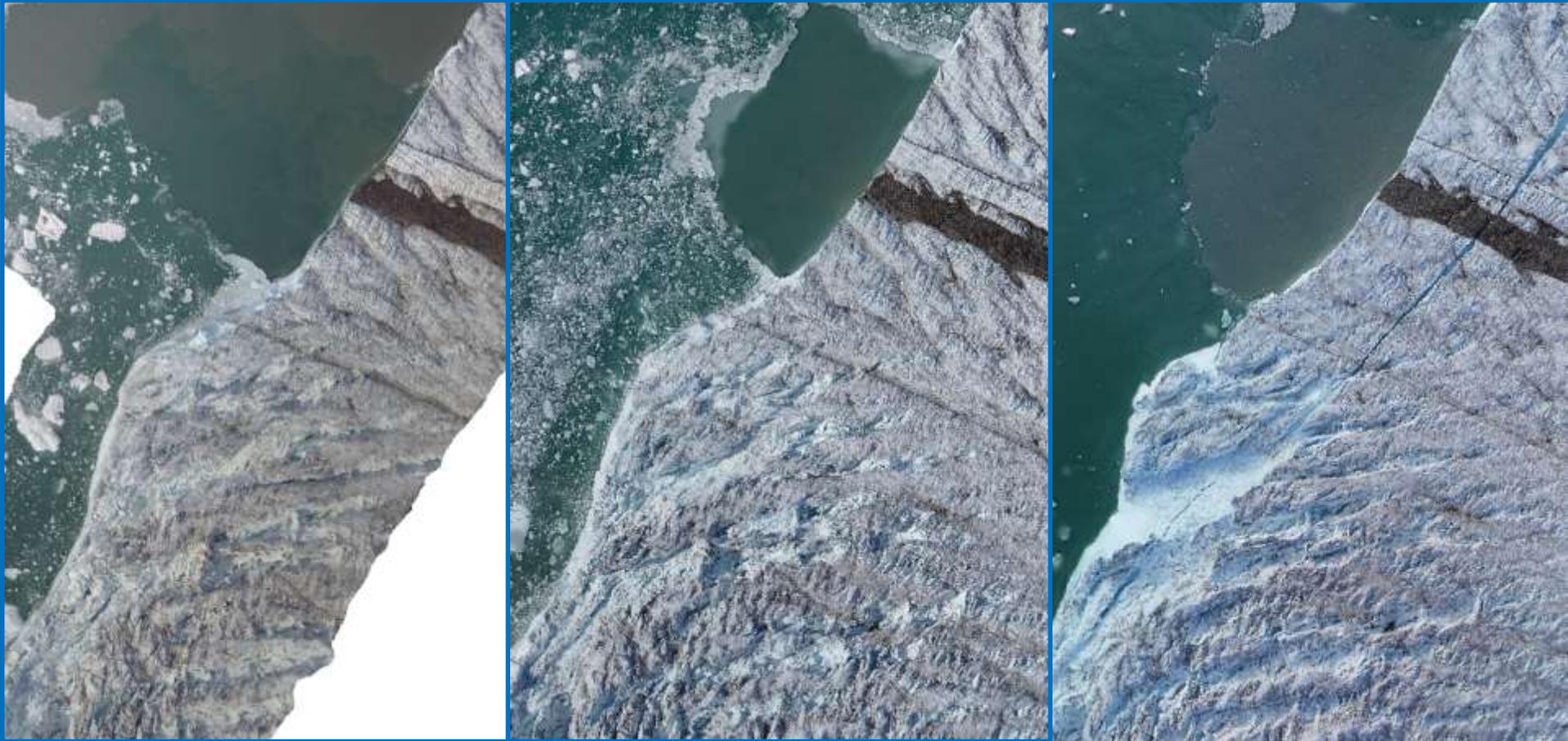


Resultate – Orthophotos

7.7.2015

11.7.2015

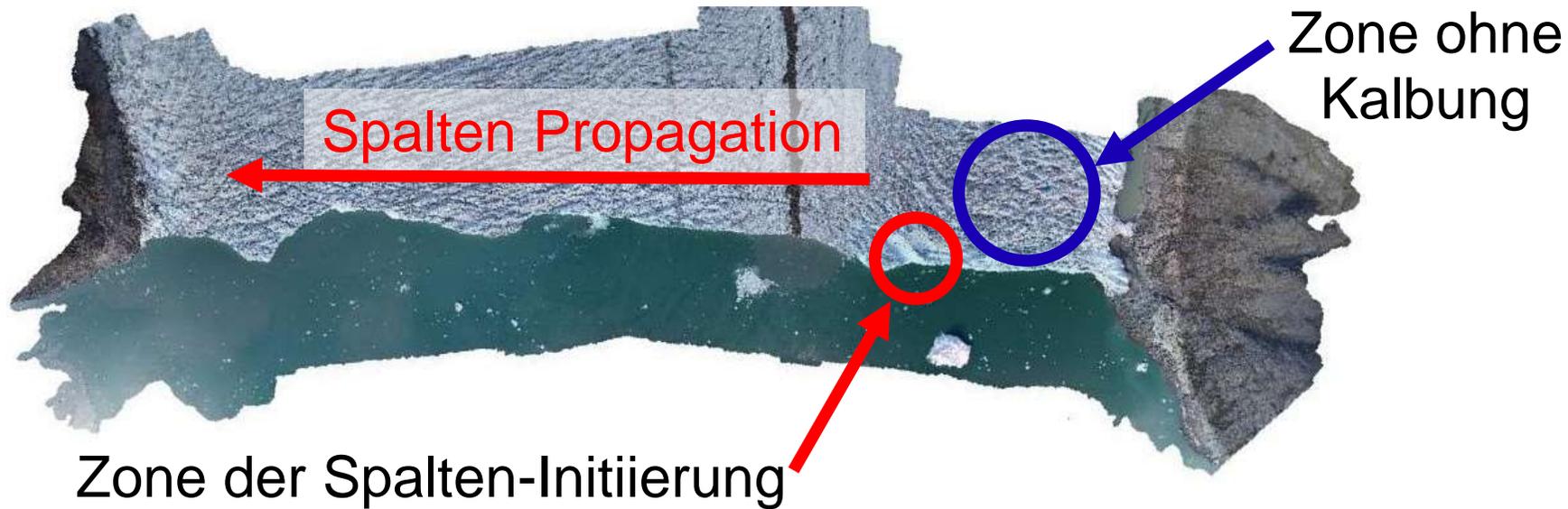
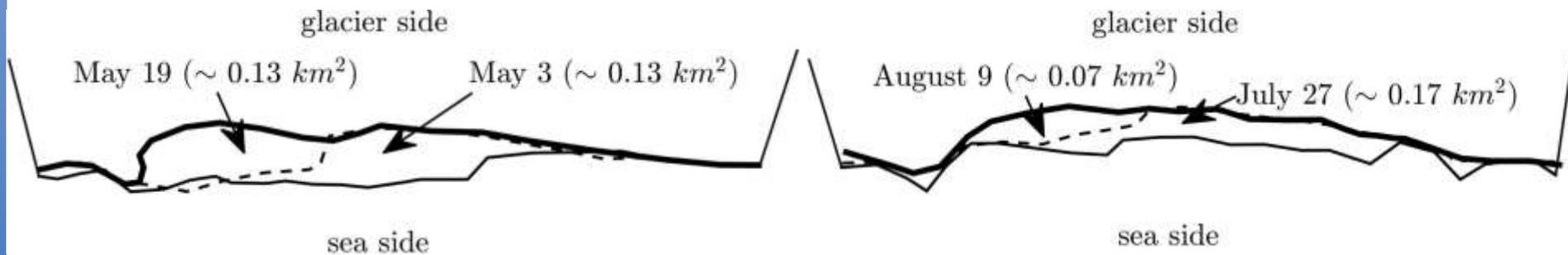
16.7.2015



Resultate – Initiierung Kalbungsevents

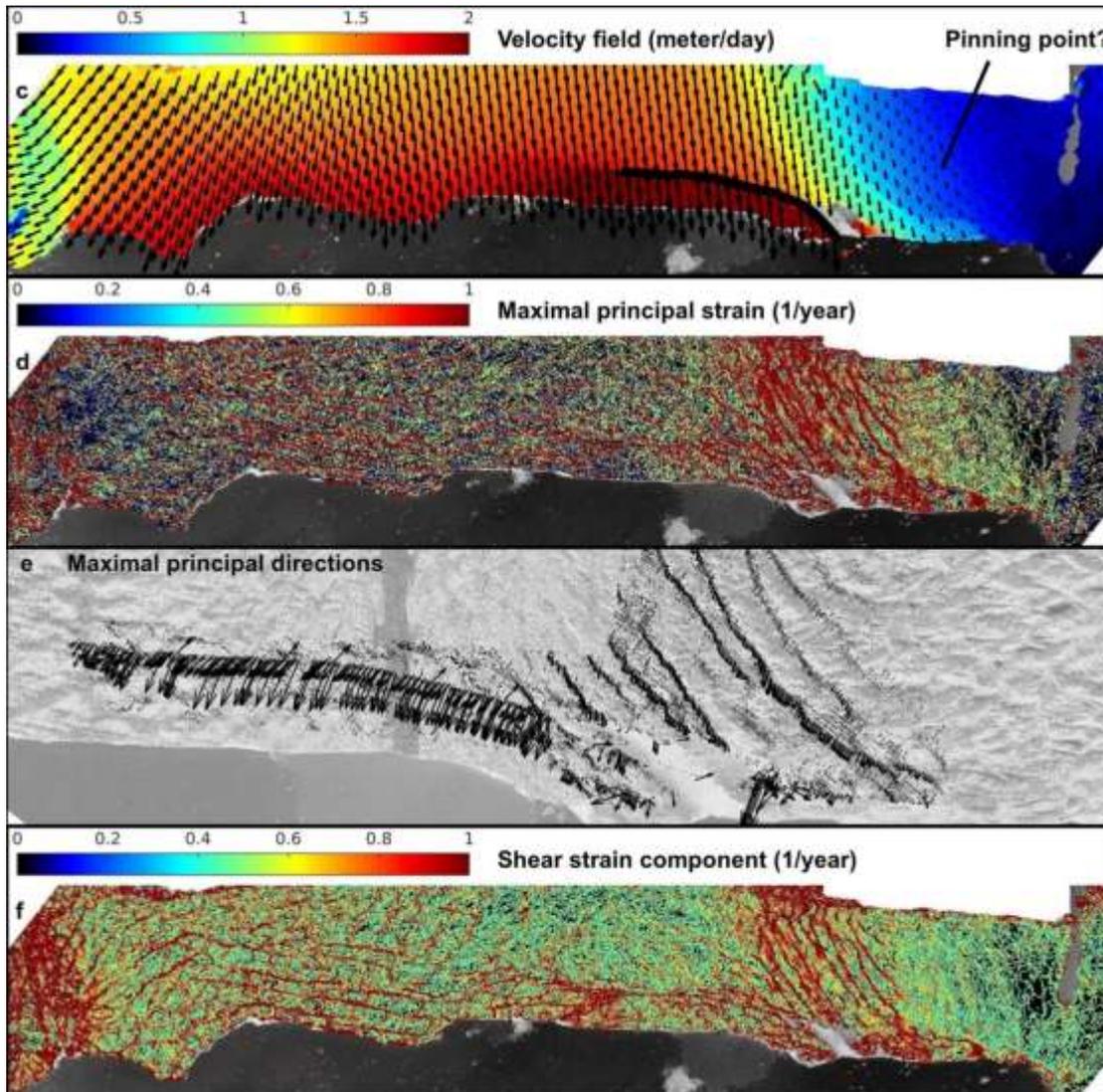
Mai 2015

Juli 2015



3 - 4 Ereignisse in < 1 Monat ~ 20% der jährlichen Kalbungsmenge

Resultate – Abgeleitete Resultate



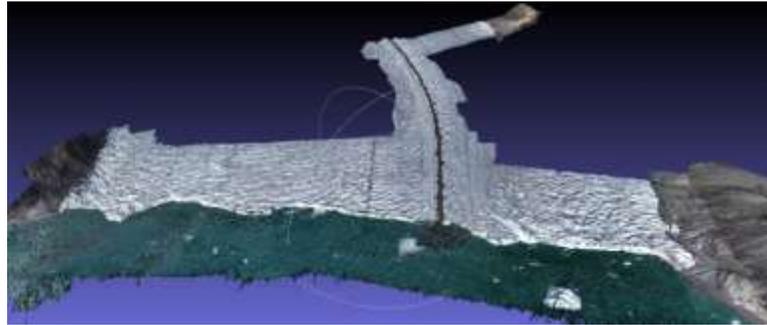
Geschwindigkeiten

Hauptscherung

Scherrichtungen

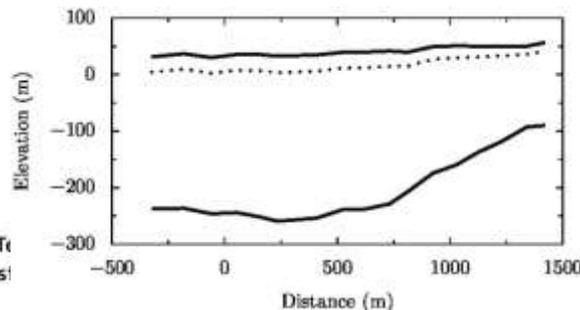
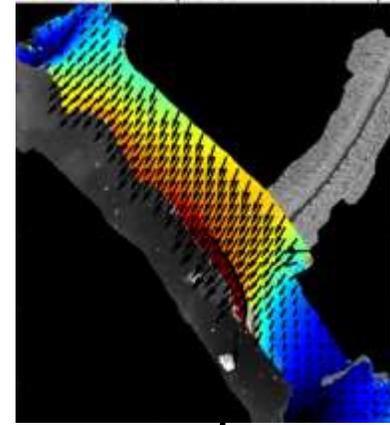
Scherdehnung

Resultate – Modell des Eisflusses und Kalbung



Oberfläche von
Photogrammetrie

Randbedingungen
von abgeleiteten
Geschwindigkeiten,
Scher/Gleit-Verhältnis
gegeben durch
Bohrloch-
Eisflussmessungen



Radar-basiertes Gletscherbett
(Sugiyama et al, 2015)

Ausblick Expedition 2016

- **Beteiligte Universitäten:**
 - Institute of Low Temperature Science Hokkaido University (Japan)
 - Versuchsanstalt für Wasserbau und Glaziologie / ETH Zürich
- **Geplante Experimente und Messungen:**
 - Auslesen und Wartung Bohrlöcher 2014, 2015 (Pegel, Deformation, Temperatur)
 - Auslesen und Wartung Timelaps-Kameras
 - Permanent-GPS Messungen mit Referenzstation
 - Seismik-Arrays und Infrasound-Arrays inklusive Bohrloch-Seismik
 - Interferometrie mit terrestrischem Radar und Timelaps-Kamera
 - **Drohnen-basierte Vermessung des Gebietes zwischen Front und Bohrlöcher sowie Kalbungsfront**

Ausblick Expedition 2016 – Drohnen-Experimente

- Flüge mit hoher zeitlicher Auflösung (< 24 h)
- Unterschiedliche Flugpläne (Detail Front, Übersicht)
- Längsprofile mit Nadir-blickendem LiDAR
- Verwendung VTOL für Detailflüge



Ausblick Expedition 2016 – Beispiele

- Verständnis Einfluss von Schmelzwasseraufstoss

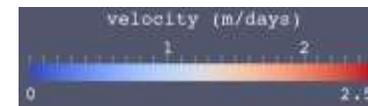
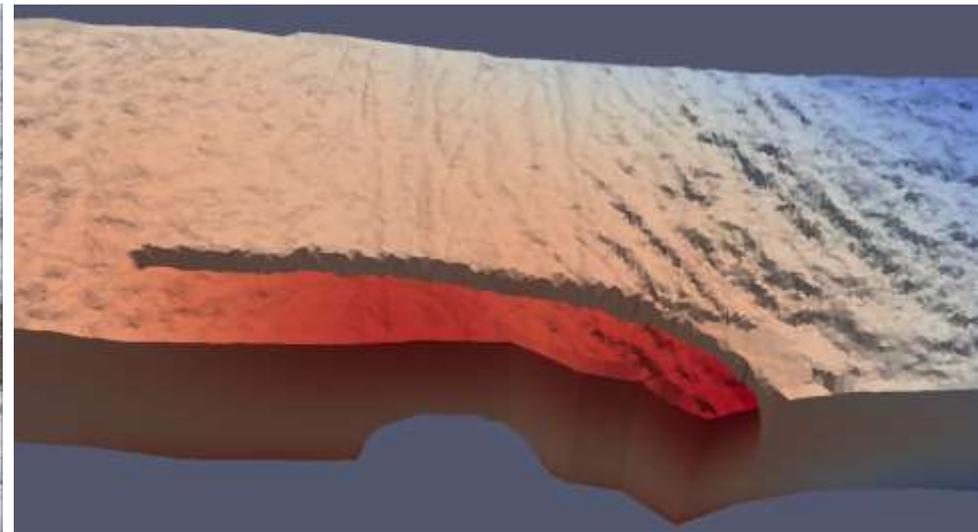
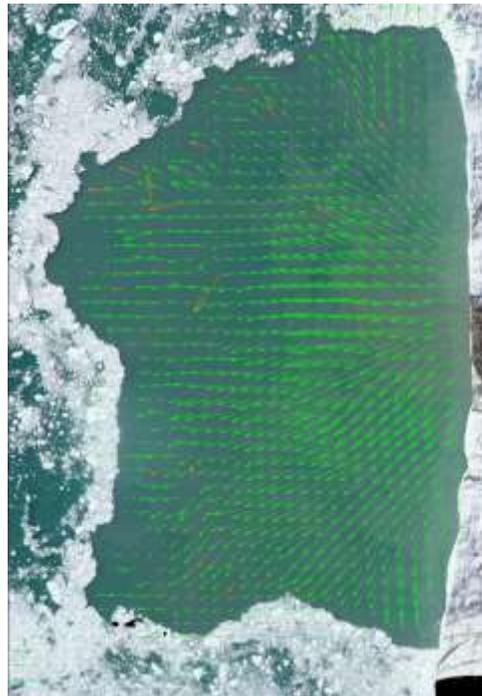
Repetitive
Aufnahmen



Strömungs-
feld



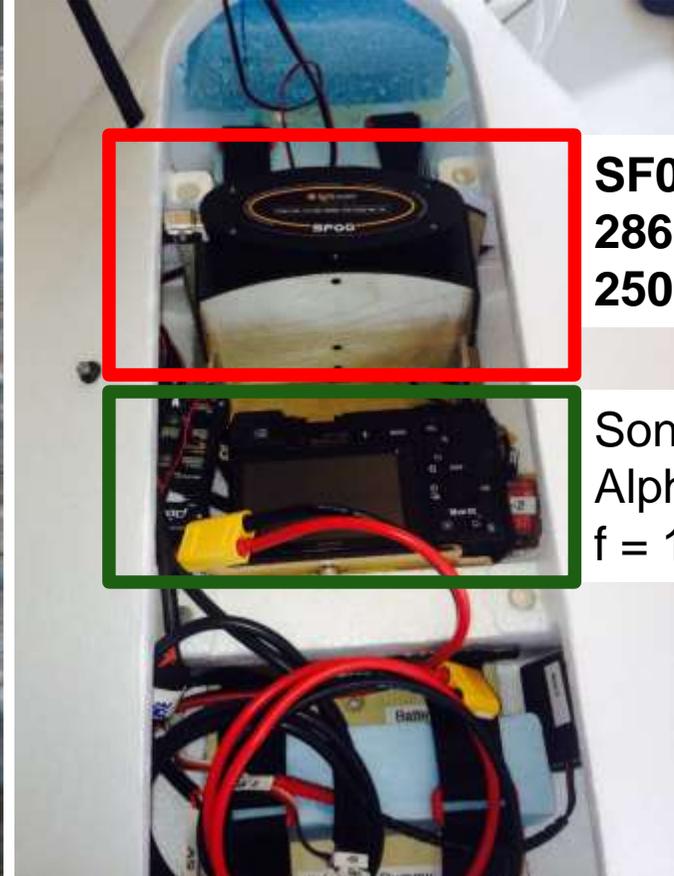
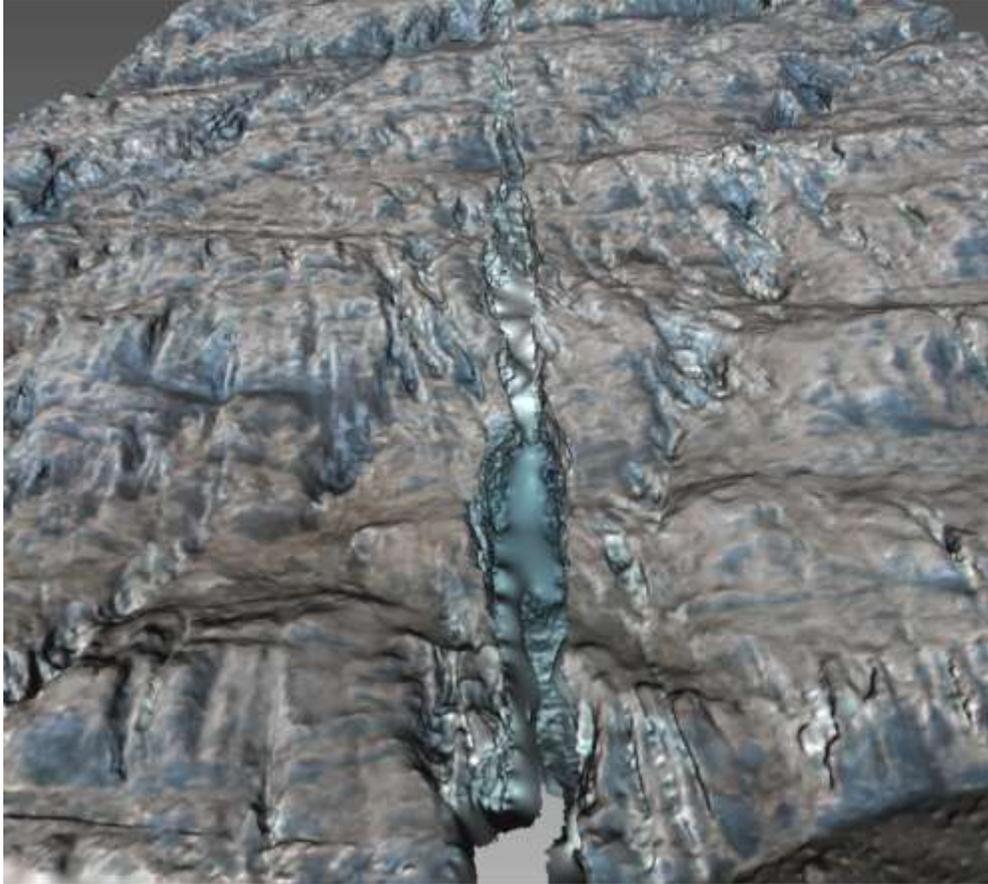
Verfeinertes
Volumenmodell



Martin Detert, VAW/ETH

Ausblick Expedition 2016 – Beispiele

- Quantifizierung und Erfassung Spaltengeometrie



SF00-LiDAR
286 Hz
250 m

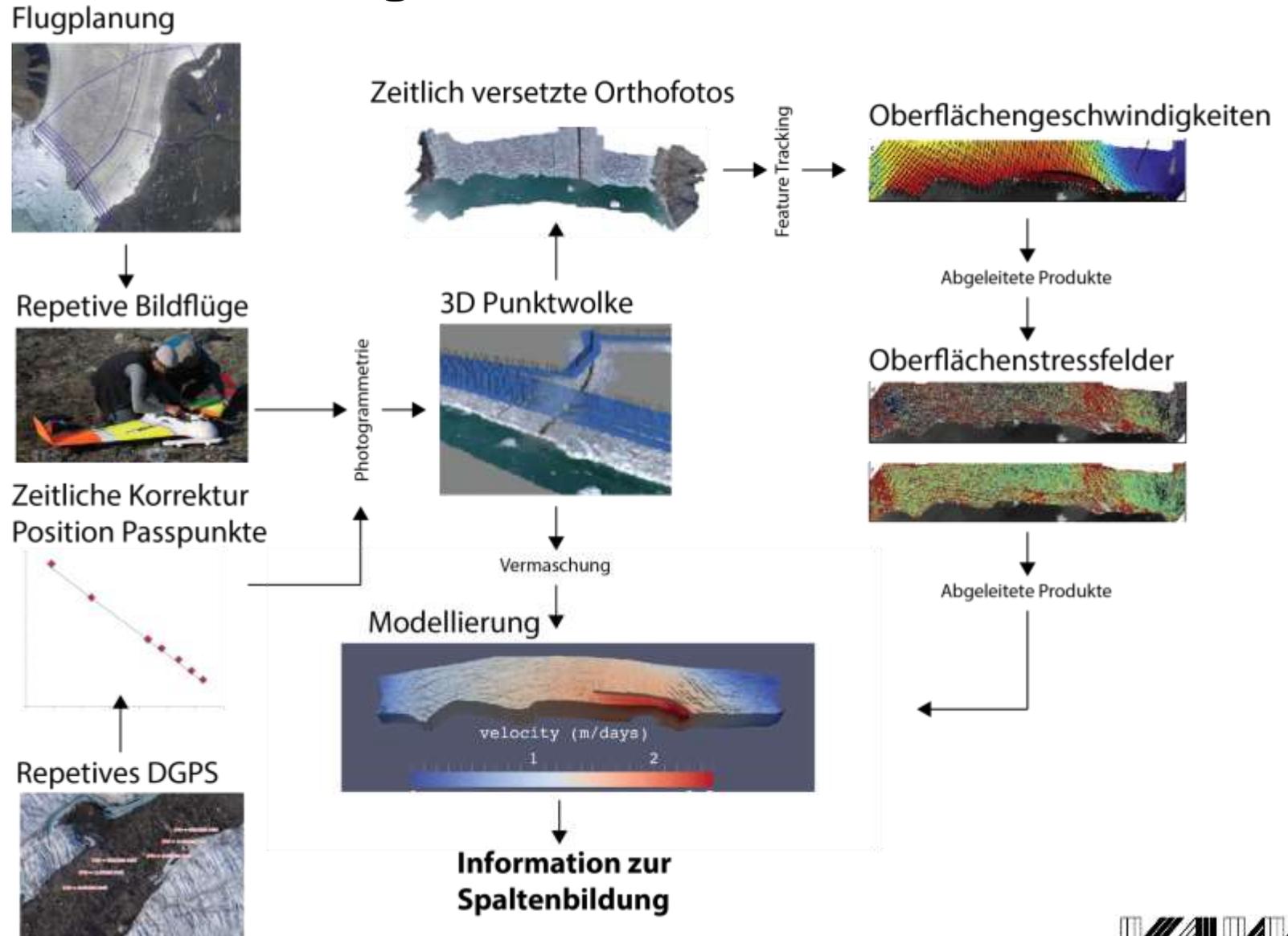
Sony
Alpha6000
f = 16 mm

Skywalker X8
Version 2

Zusammenfassung – Eigenbau Drohne

- **Konzeption und Bau:**
 - + Sehr günstige Anschaffung und Standardkomponenten
 - + Freie Konfigurierbarkeit und Ausbau
 - + Zugang zu sämtlichen Log-Parameter und -Analyse
 - Deutliche Unterschätzung der Komplexität und Aufwand
- **Anwendung:**
 - + Sehr effizientes Flugverhalten
 - + Gut und schnell reparierbar
 - + Komplexe Mission und grosse Reichweite
 - + Austauschbare Erkenntnisse mit APM-Copter
 - Aufwändiges Pre-Flight-Procedure und Start
 - Grosse Landefläche

Zusammenfassung – Workflow und Resultate



Vielen Dank für Ihr Interesse