

# 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. Ryan<sup>1</sup>, A. L. Hubbard<sup>2</sup>, J. E. Box<sup>3</sup>, J. Todd<sup>4</sup>, P. Christoffersen<sup>4</sup>, J. R. Carr<sup>1</sup>, T. O. Holt<sup>1</sup>, and N. Snooke<sup>5</sup>

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

<sup>2</sup>Department of Geology, University of Tromsø, 9037 Tromsø, Norway

<sup>3</sup>Geological Survey of Denmark and Greenland, Copenhagen, Denmark

<sup>4</sup>Scott Polar Research Institute, University of Cambridge, Cambridge, UK

<sup>5</sup>Department of Computer Science, Aberystwyth University, Aberystwyth, SY23 3DB, UK

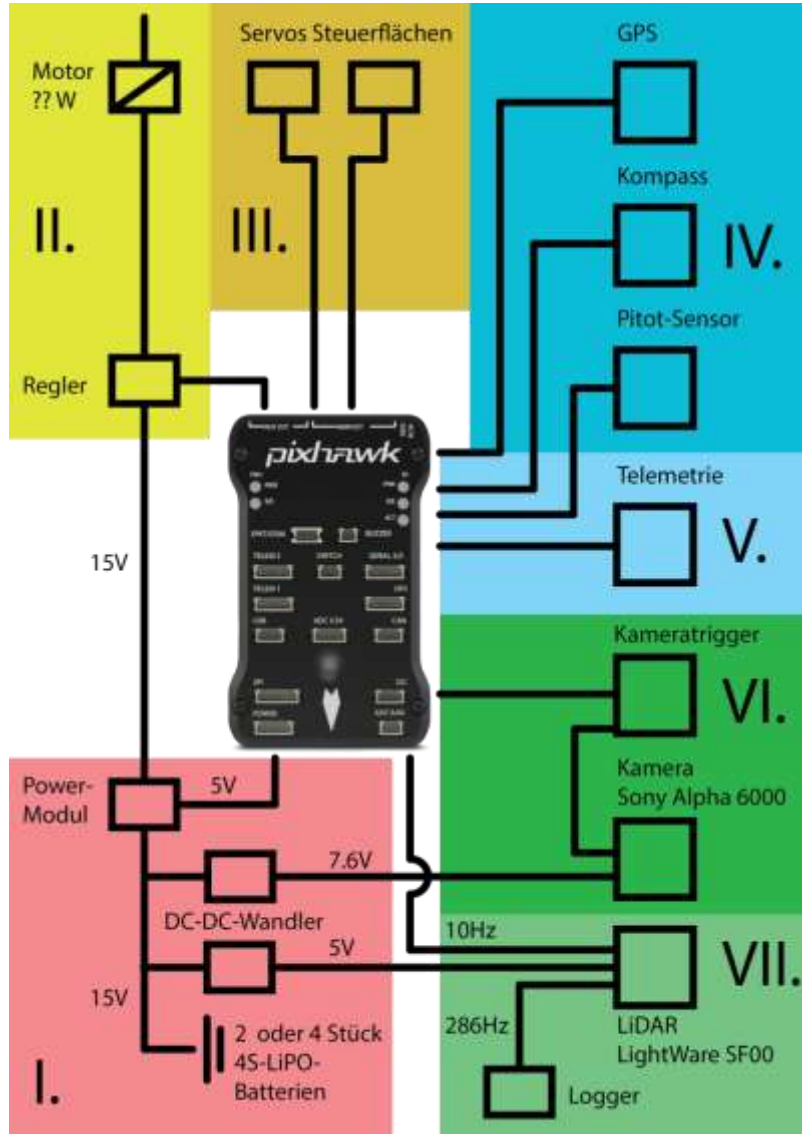
*Correspondence to:* J. C. Ryan (jor44@aber.ac.uk)

**ETH**

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  $250\text{m}$  über Grund

Auflösung ca.  $7\text{cm}$

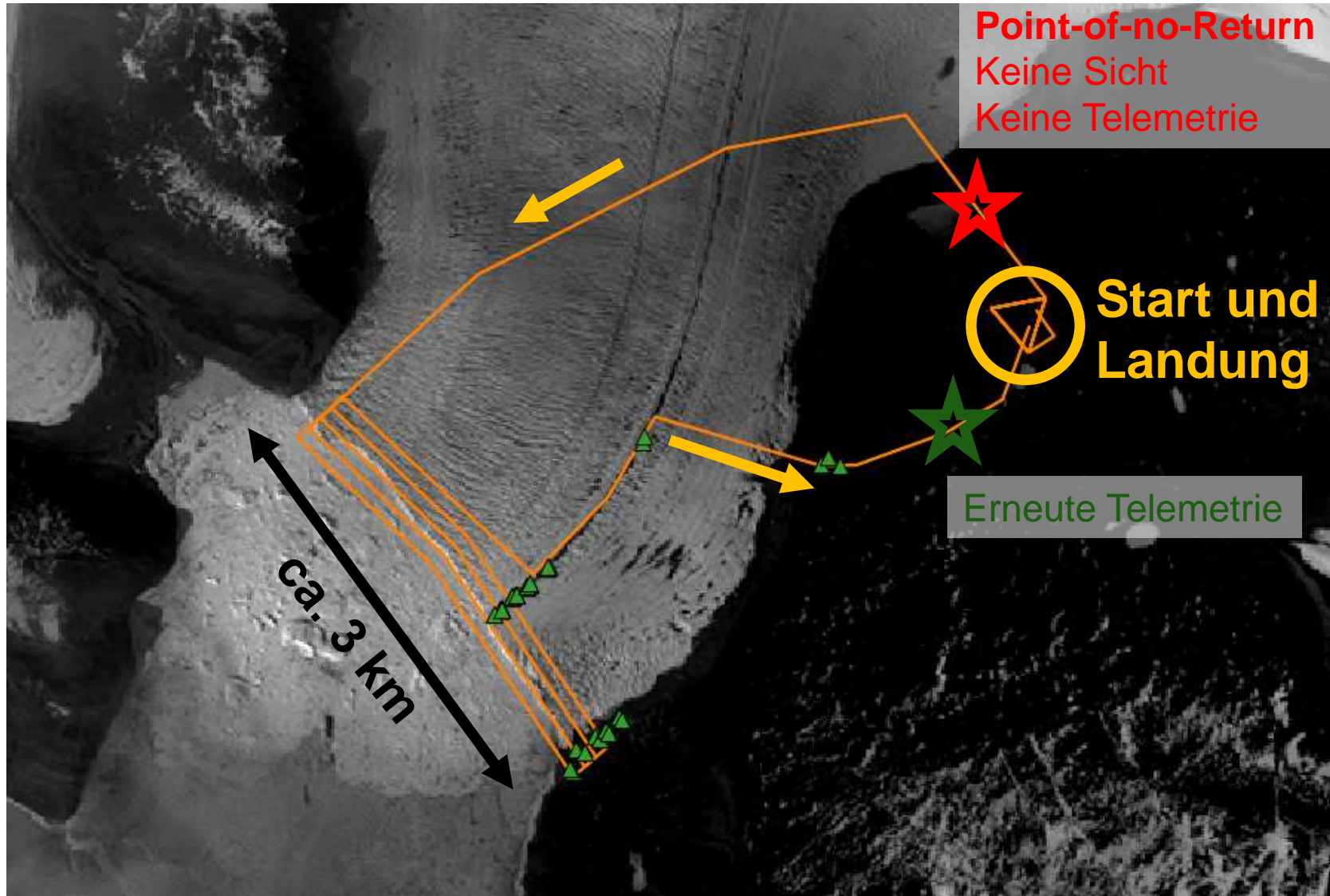
Fluggeschwindigkeit ca.  $15\text{m/s}$

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

Linienabstand ca.  $100\text{m}$



# Flugplan und -durchführung



# Passpunkte – Typen und Herausforderungen

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





# Passpunkte – Lokalitäten



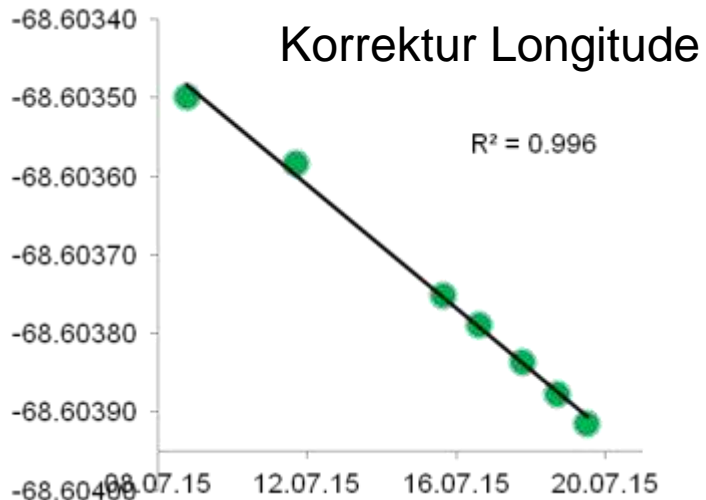
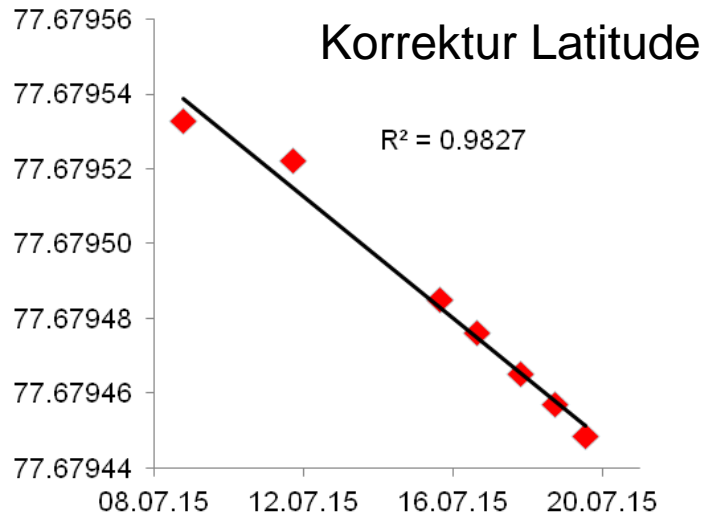


# Passpunkte – Bewegende Passpunkte

- 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

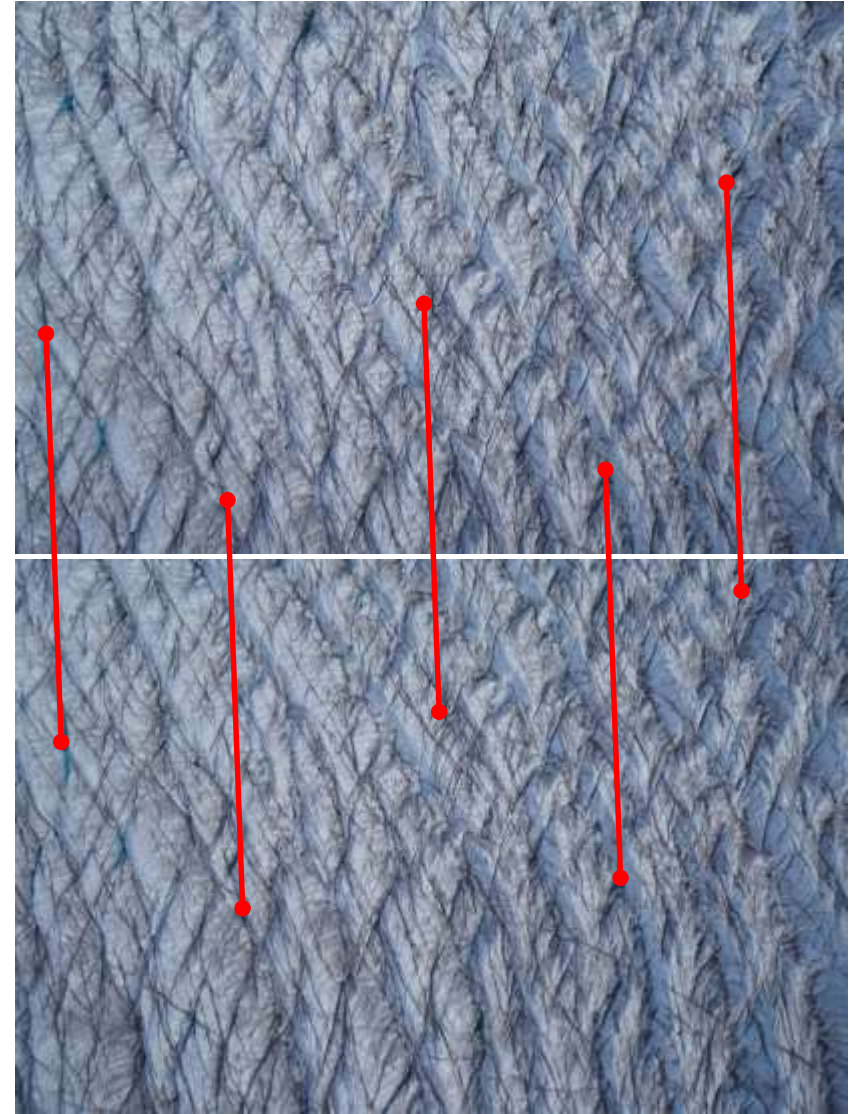
- Rauschen im Höhenmodell



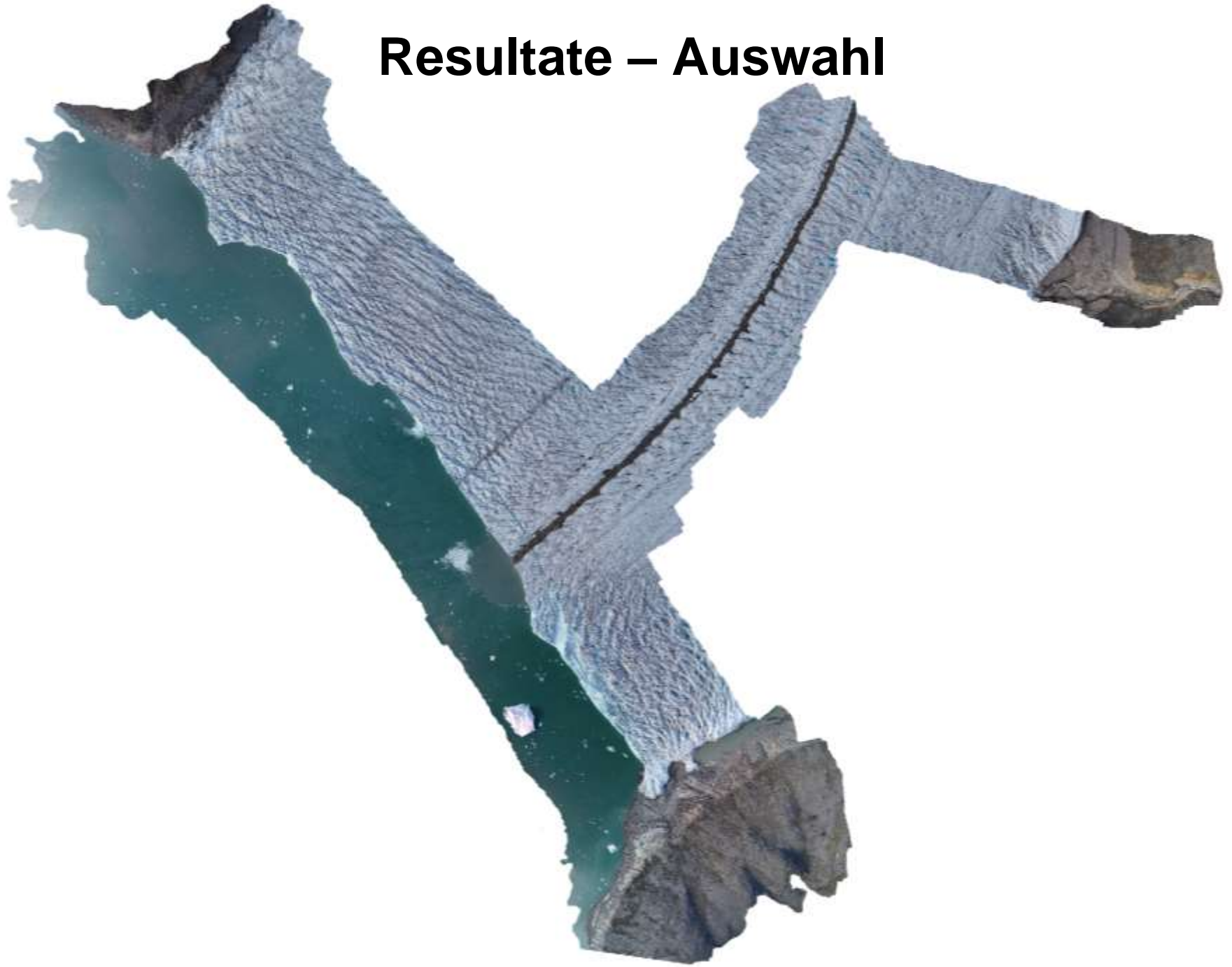


# Unerwartete Herausforderungen – Auswahl

- Schwierige Berechnung der Verknüpfungspunkte



# Resultate – Auswahl



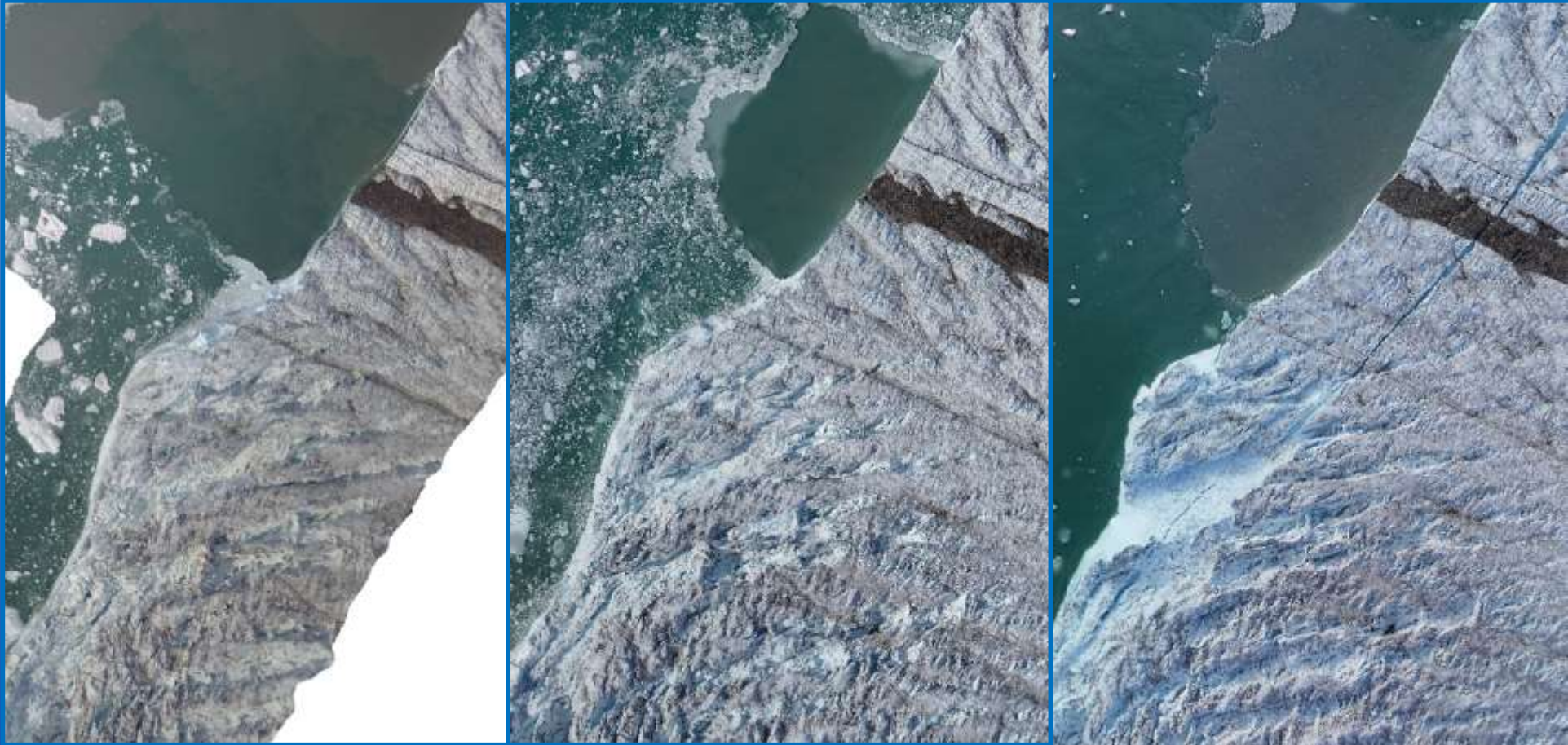


# Resultate – Orthophotos

7.7.2015

11.7.2015

16.7.2015

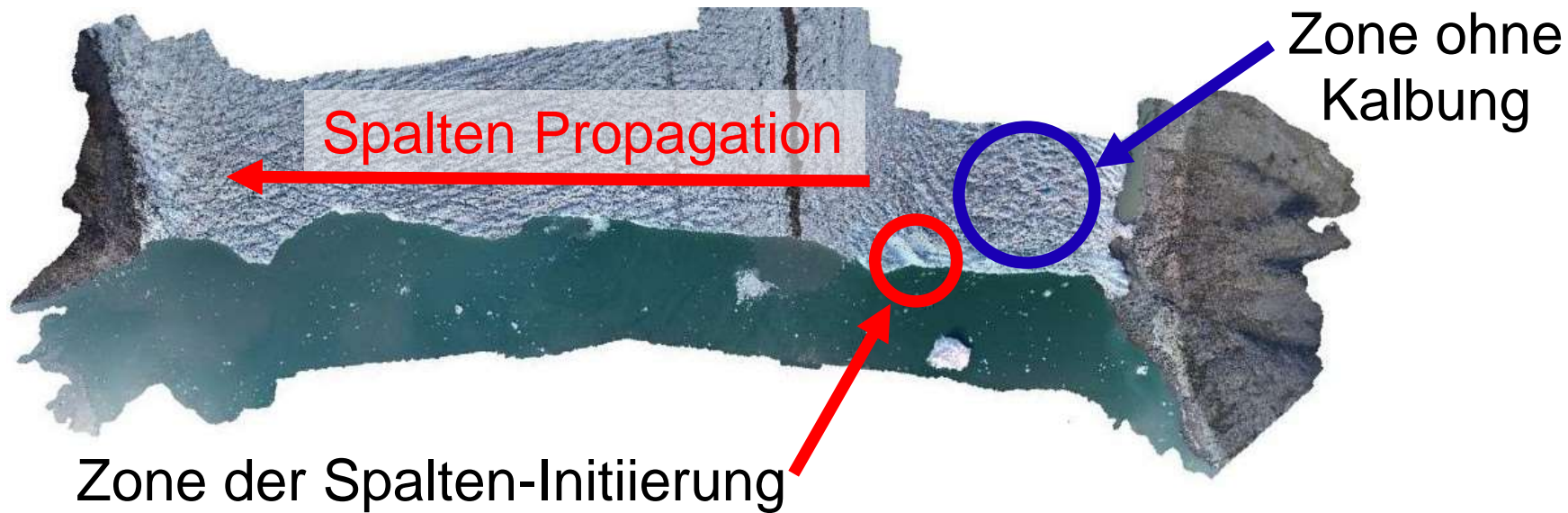
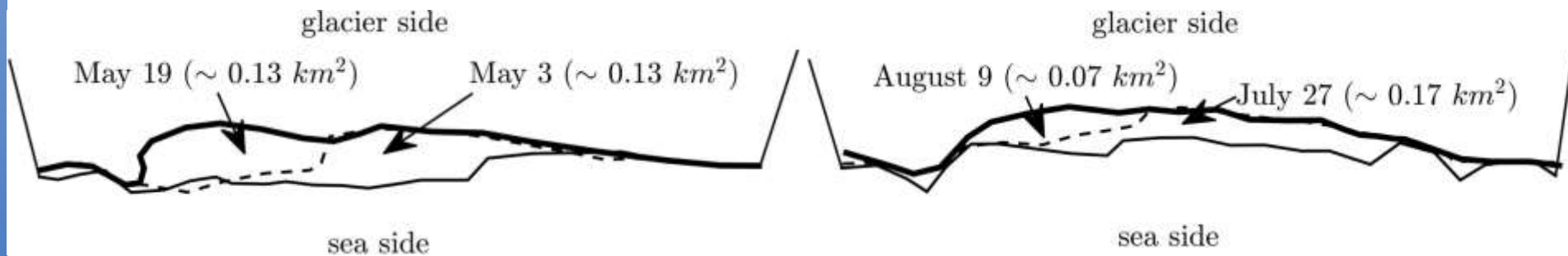




# Resultate – Initiierung Kalbungsevents

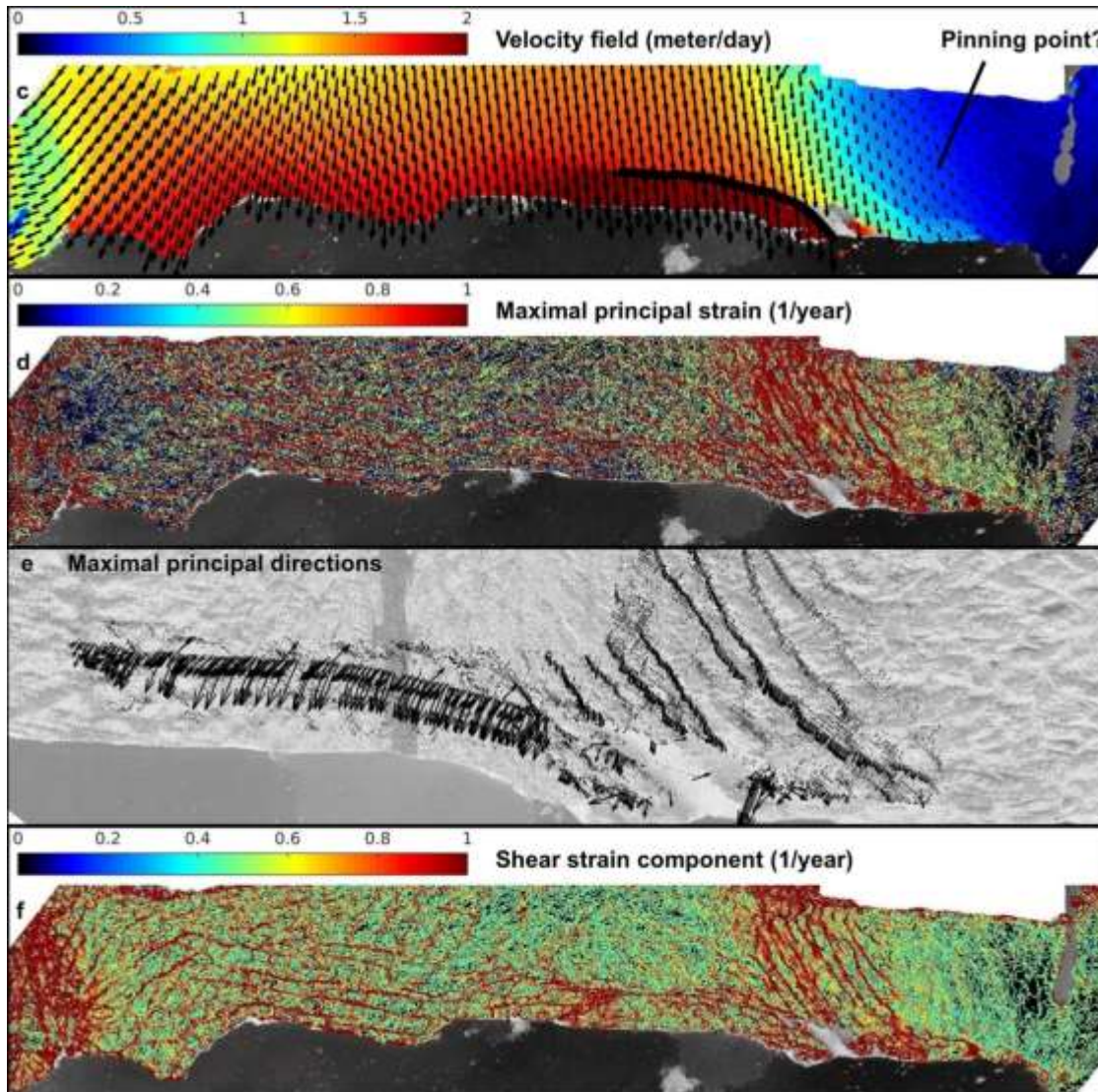
Mai 2015

Juli 2015



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

# Resultate – Abgeleitete Resultate



**Geschwindigkeiten**

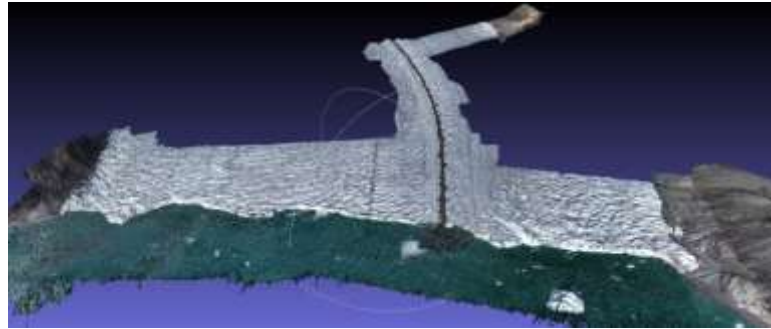
**Hauptscherung**

**Scherrichtungen**

**Scherdehnung**

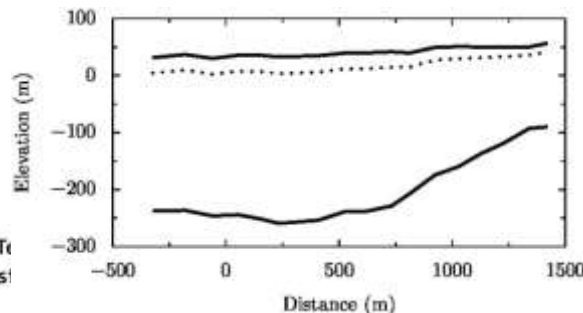
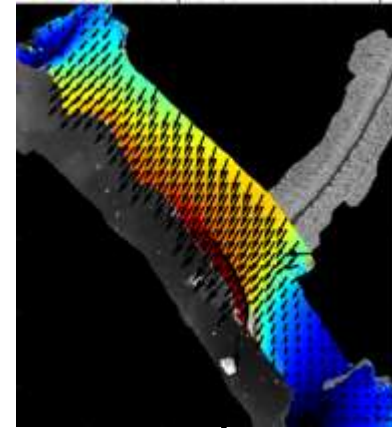


# Resultate – Modell des Eisflusses und Kalbung



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

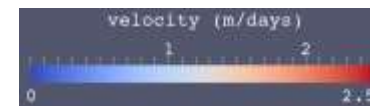
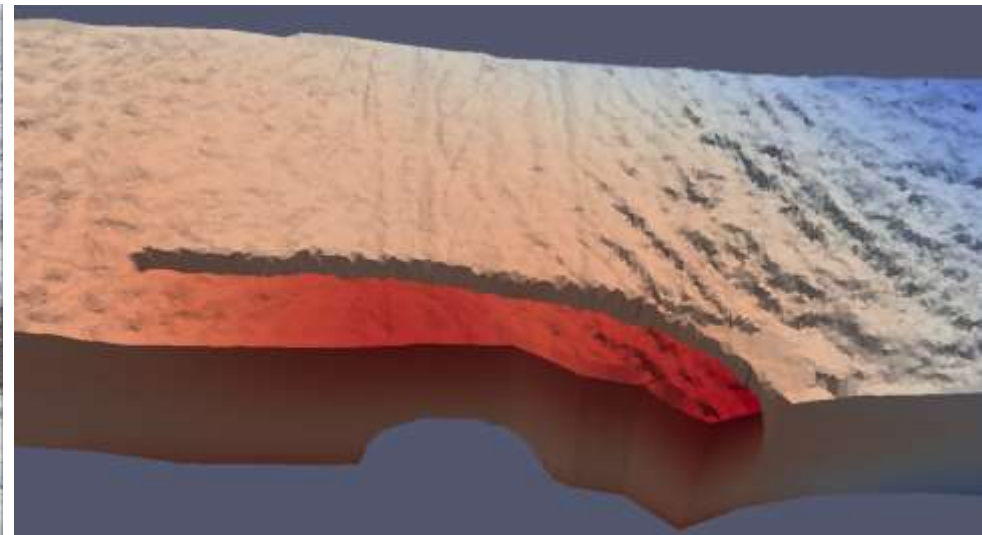
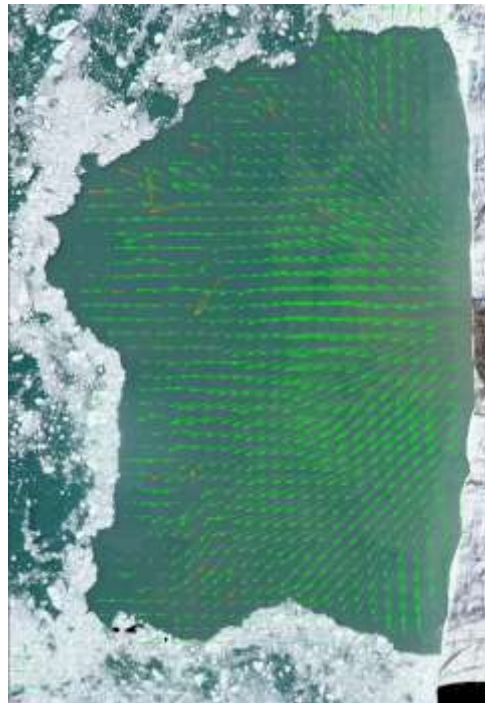
Repetitive  
Aufnahmen



Strömungs-  
feld



Verfeinertes  
Volumenmodell

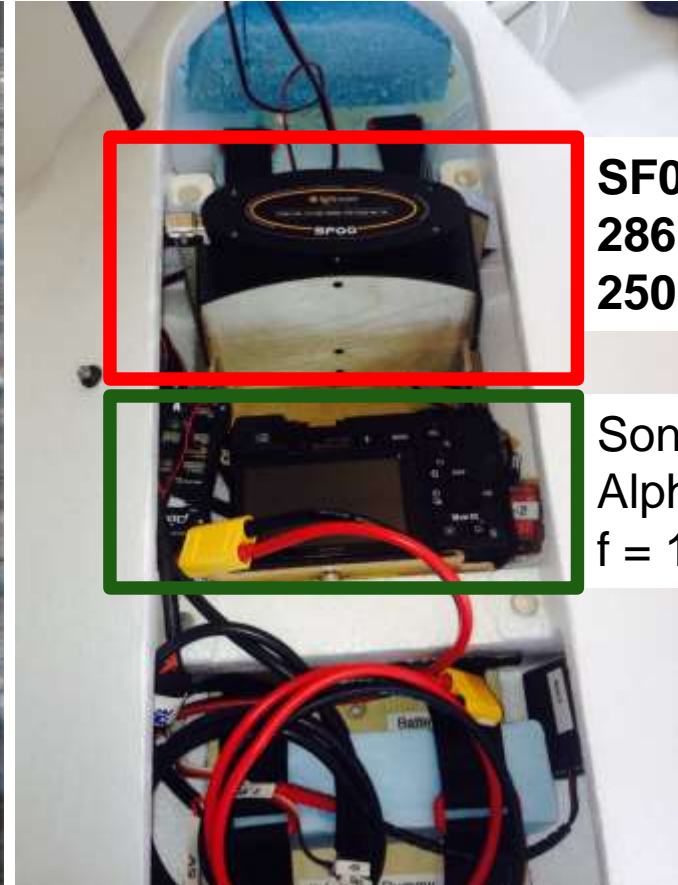
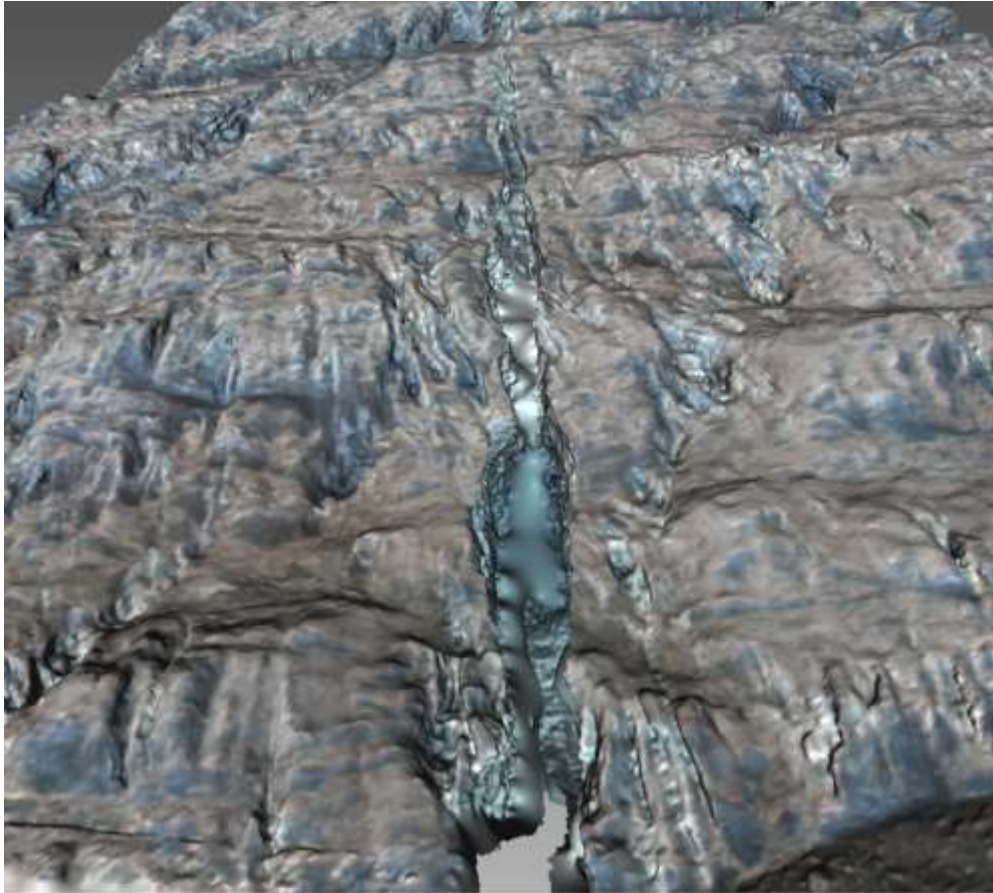


Martin Detert, VAW/ETH



# Ausblick Expedition 2016 – Beispiele

- Quantifizierung und Erfassung Spaltengeometrie



SF00-LiDAR  
286 Hz  
250 m

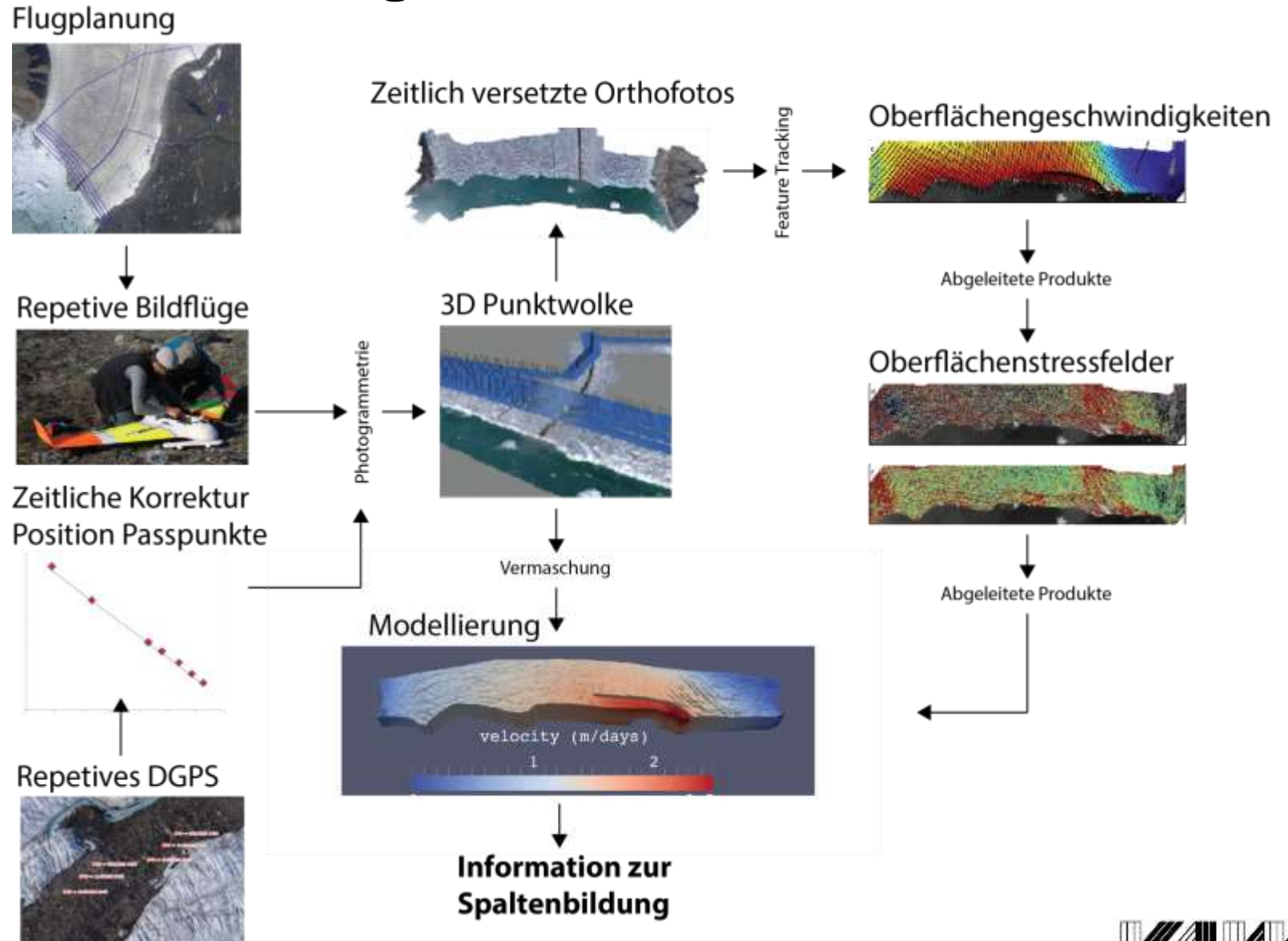
Sony  
Alpha6000  
f = 16 mm

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