

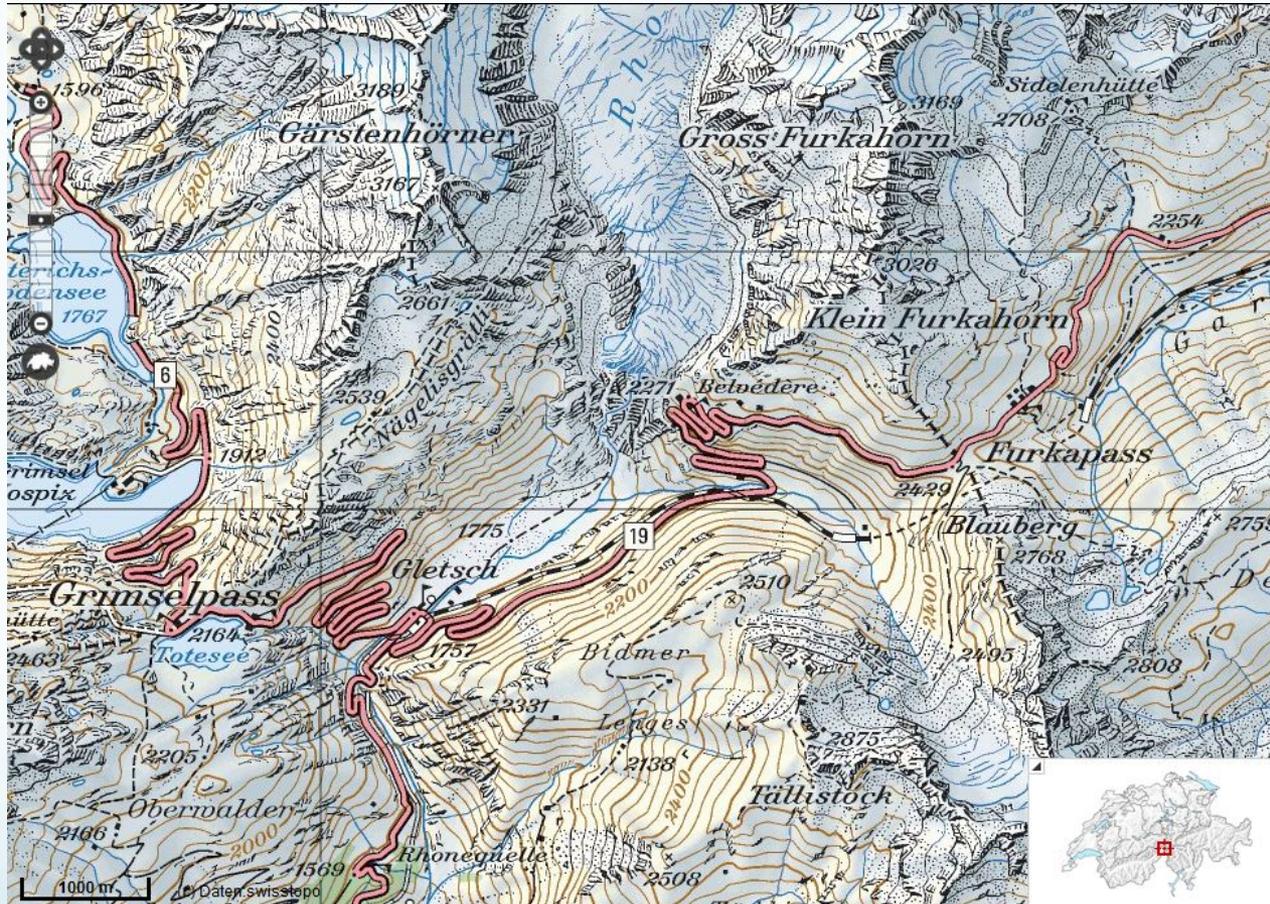
An aerial photograph of a vast mountain range. In the center, a large, light-colored glacier flows down a valley. The surrounding mountains are rugged and partially covered in snow and ice. The sky is clear and blue.

# Rekonstruktion von historischen Gletscherständen des Rhonegletschers aus terrestrischen Bildern und statistischen Aufzeichnungen

Autor: Milo Pozzi  
Leitung: Prof. Dr. Lorenz Hurni  
Betreuung: Samuel Wiesmann

Bachelorarbeit FS 2012  
Institut für Kartografie und  
Geoinformation ETHZ

# Situation



Quelle: <http://map.geo.admin.ch/>

# Ausgangslage (1/2)

- Hohe Anzahl von terrestrischen Schrägbildern schon ab Anfang des 19. Jahrhunderts
- **Problem:** kaum referenzierbar und wegen neuen Techniken (Luftphotogrammetrie) stark verdrängt
- Mit heutigen Kenntnissen bieten alte Schrägbilder ein grosses Potential, das unbedingt genutzt werden muss!

# Ausgangslage (2/2)

- Am Rhonegletscher wurden seit 1874 konstante Messungen der Gletscherposition durchgeführt
- Diese Grundlagen wurden in Archiven gesammelt und stehen als analoge Karten zur Verfügung
- Eine Kontrolle zwischen berechneten und gemessenen Gletscherzungen ist möglich
- **Sehr geeignet für die Testphase des «WSL Monoplotting Tool»**
- **Möglichkeit um die analogen Karten zu digitalisieren, um den Glaziologen neue Möglichkeiten zu bieten**

# Arbeitsschritten

1. WSL Monoplotting Tool Anwendung am Rhonegletscher
  - Kalibrierung kohärenter Datensatz
  - Kalibrierung alte Schrägbilder mit unterschiedlichen DHM
  - Kalibrierung Bild 2009
2. Sammlung von historischen Gletscherzuständen am Rhonegletscher
3. Produktion einer Karte

# Zielsetzungen

- Abschätzung der Fehler zwischen berechneter und reeller Gletscherzunge bei guten Bedingungen
- Abschätzung des Einflusses des DHM auf die Berechnung von Gletscherpositionen aus alten Bildern
- Genauigkeitsanalyse von gemessenen bekannten Passpunkten
- Sammlung von möglichst allen bekannten, historischen Gletscherständen in einem GIS System

# Vorgehen und Methodik (1/3)

## 1. WSL Monoplotting Tool

Vorgehen um Bilder zu kalibrieren und Gletscherstände zu digitalisieren

- Eingabe: Orthophoto, DHM und Schrägbild
- «control points» und Anfangsparameter definieren
- Starten des Algorithmus: Bild wird georeferenziert
- Möglichkeit, um Gletscher direkt im Bild zu digitalisieren
- Projektion im Orthophoto vom Tool berechnet und Kontrolle später in ArcGIS möglich

# Screenshot Monoplotting Tool

The screenshot displays the 'Camera calibration' dialog box in GIS Suite. The 'Camera parameters' table is as follows:

Name	Value	Fix	Error
Ox	672001.2480	<input checked="" type="checkbox"/>	22.4533
Oy	159032.9031	<input type="checkbox"/>	6.5424
Oz	2302.7512	<input type="checkbox"/>	0.9134
Rx	1.242943	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0068
Ry	-1.042821	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0002
Rz	-0.295637	<input type="checkbox"/>	0.0051
Cx	884.3515	<input checked="" type="checkbox"/>	95.2296
Cy	716.8055	<input type="checkbox"/>	4497.9679
D	1540.2841	<input checked="" type="checkbox"/>	364.0838
Rf	-1	<input checked="" type="checkbox"/>	

The 'Computed values' section shows:

- ux' (0.482, -0.876, -0.010) A rot 0.565
- uy' (0.147, 0.070, 0.987)
- uz' (-0.864, -0.477, 0.162)

The 'Errors' table is as follows:

	min	max	mean
pixel	0.552	2.933	1.173
angle	0.020	0.102	0.041
radius	0.116	0.810	0.281

At the bottom of the dialog, there is a table with the following data:

	min	max	mean
	0.140	0.773	0.331
	0.140	1.016	0.379

Two images of a landscape are shown on the right. The top image is a grayscale aerial view with a red outline and several control points marked with red and blue circles. The bottom image is a colorized version of the same area, also with a red outline and control points. A legend on the right side of the bottom image identifies the red circles as 'Gemessener Punkt' (measured point) and the blue circles as 'Berechneter Punkt' (computed point).

Anfangs-  
parameter

2D und 3D  
Fehler

# Vorgehen und Methodik (2/3)

## 2. Sammlung von historischen Gletscherständen

- Recherche der Karten
- Scan Session
- Georeferenzierung in ArcMap
- Digitalisierung der Gletscherzungen
- Visualisierung in ArcMap
- Metadata

# Vorgehen und Methodik (3/3)

## 3. Produktion der Karte

- Thema: Darstellung von signifikanten Zungenzuständen auf einem Schrägbild
- Vorgehen:
  - Schrägbild im Tool kalibrieren
  - Linien (Zungenstände) in Landeskoordinaten importieren
  - Software berechnet Projektion auf dem Bild
  - Exportieren und im Adobe Illustrator bearbeiten

# Resultate des Tools (1/3)

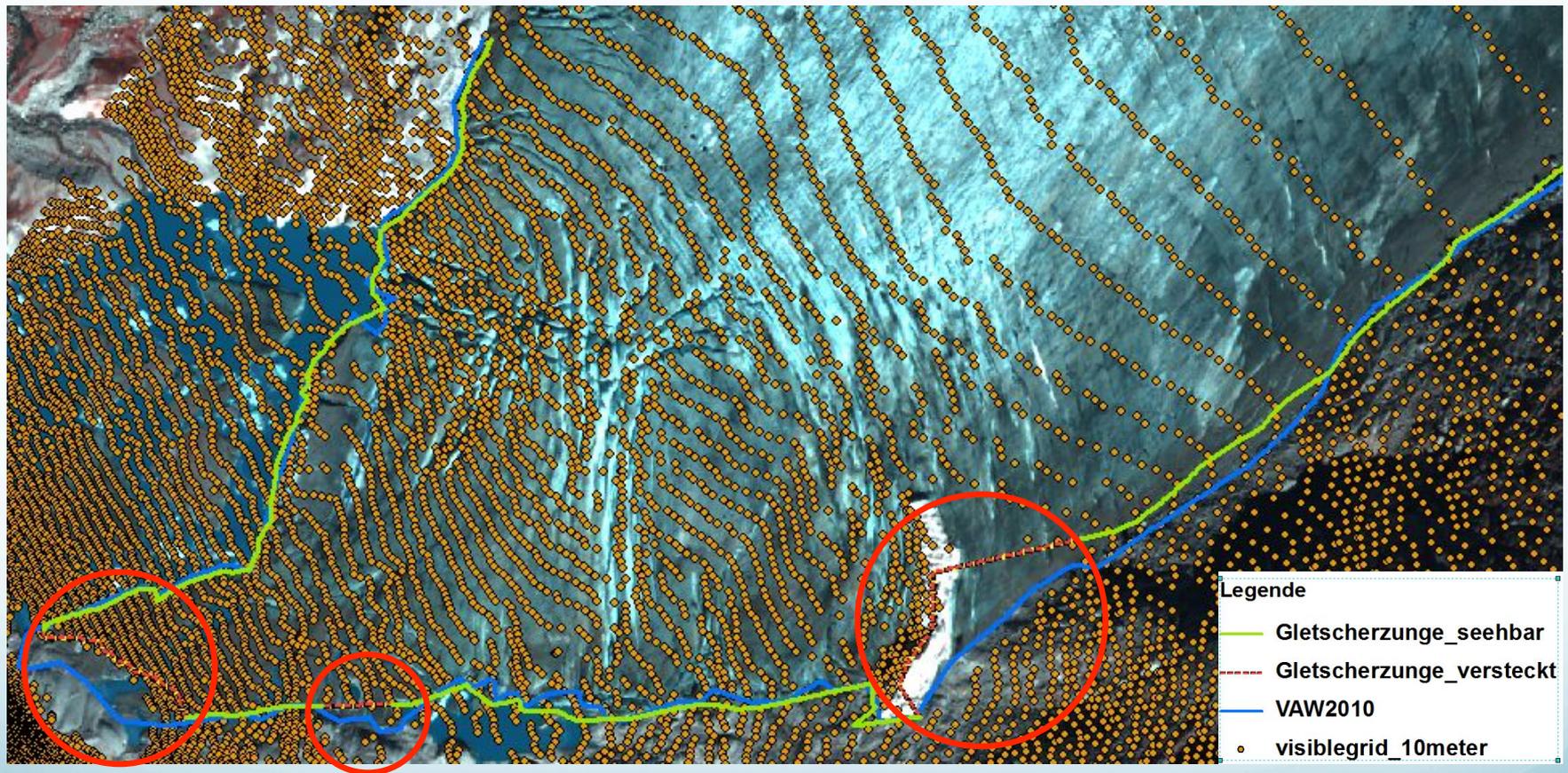
## 1.1 Kalibrierungsfehler beim Bild 2010

Bild 2010	Mean [m]	1 Sigma	Min [m]	Max [m]
Fehler 2D	0.40	0.21	0.14	0.77
Fehler 3D	0.45	0.27	0.14	1.02

Hohe Genauigkeit wegen: control points auf flachem Terrain  
gute Genauigkeiten des DHM  
gute Auflösung von Bild und Orthophoto  
Datensatz desselben Tages

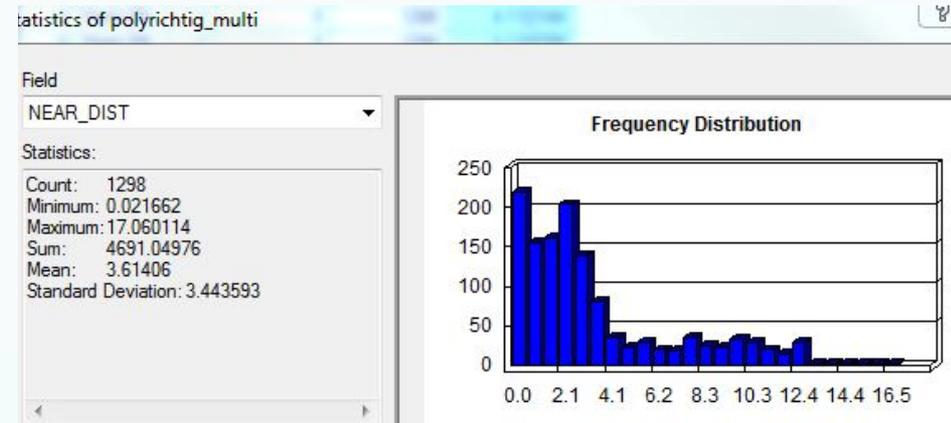
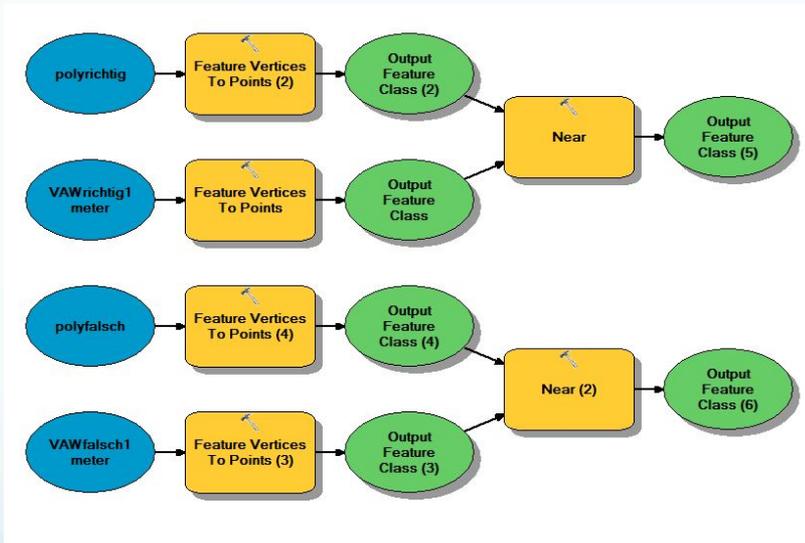
# Resultate des Tools (1/3)

## 1.1 Darstellung der Gletscherzungen in ArcGIS



# Resultate des Tools (1/3)

## 1.1 Berechnung der Distanz zwischen den Linien



Mittelwert der Distanz: 3.6 Meter!

# Resultate des Tools (2/3)

## 1.2 Kalibrierung von altem Bild mit verschiedenen DHM

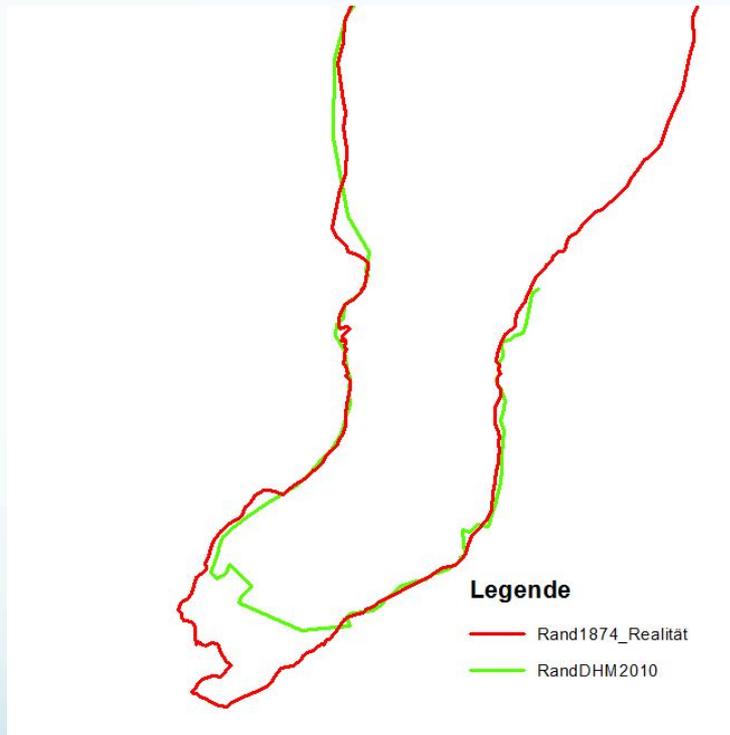
Bild von 1874 kalibriert mit folgendem DHM:

- DHM2010
- DHM25
- DHM1874\_25m Rastergrösse
- DHM1874\_5m Rastergrösse

Danach wird die sichtbare Gletscherzunge digitalisiert (bis jetzt nur mit DHM2010) und mit der Karte verglichen

# Resultate des Tools (2/3)

## 1.2 Visualisierung von Resultaten und Fehlerberechnung



Distanz wurde wie vorher mit Hilfe dem Tool «Near» ermittelt

Abschätzung der Distanz:

Mittelwert: 15 m

Standardabweichung: 12 m

# Resultate des Tools (3/3)

## 1.3 Kalibrierung von Bild 2009

Das Bild wurde 3 Mal kalibriert:

1. Mit bekannten Passpunkten als «control points»
2. Mit von mir gesuchten «control points»
3. Mit allen «control points» von 1. und 2.

Es wurde das DHM2010 benutzt

Anschliessend werden die berechneten Passpunkte mit den Landeskoordinaten verglichen!

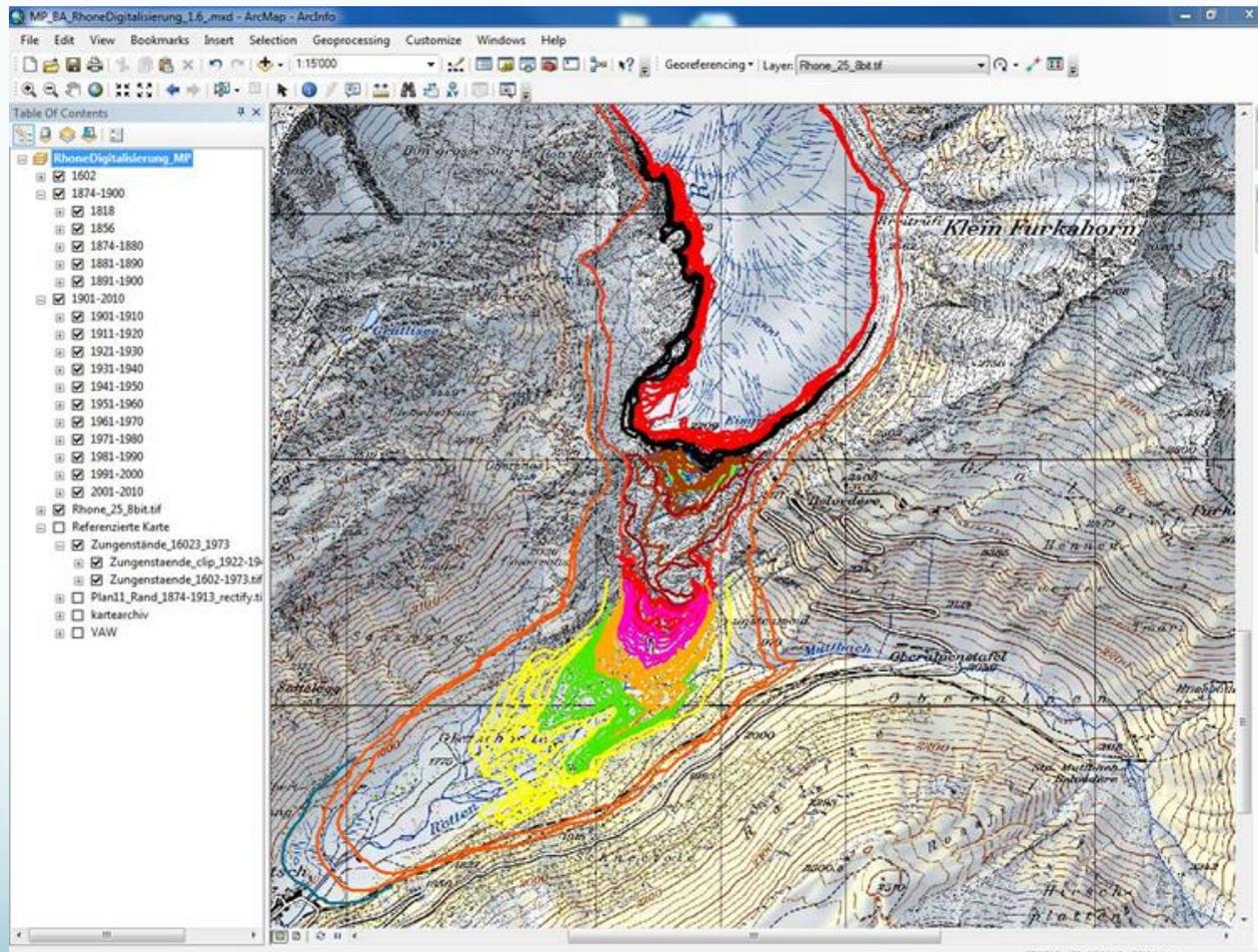
# Resultate des Tools (3/3)

## 1.3 Berechnung der Fehler zwischen Realität und berechneten Koordinaten

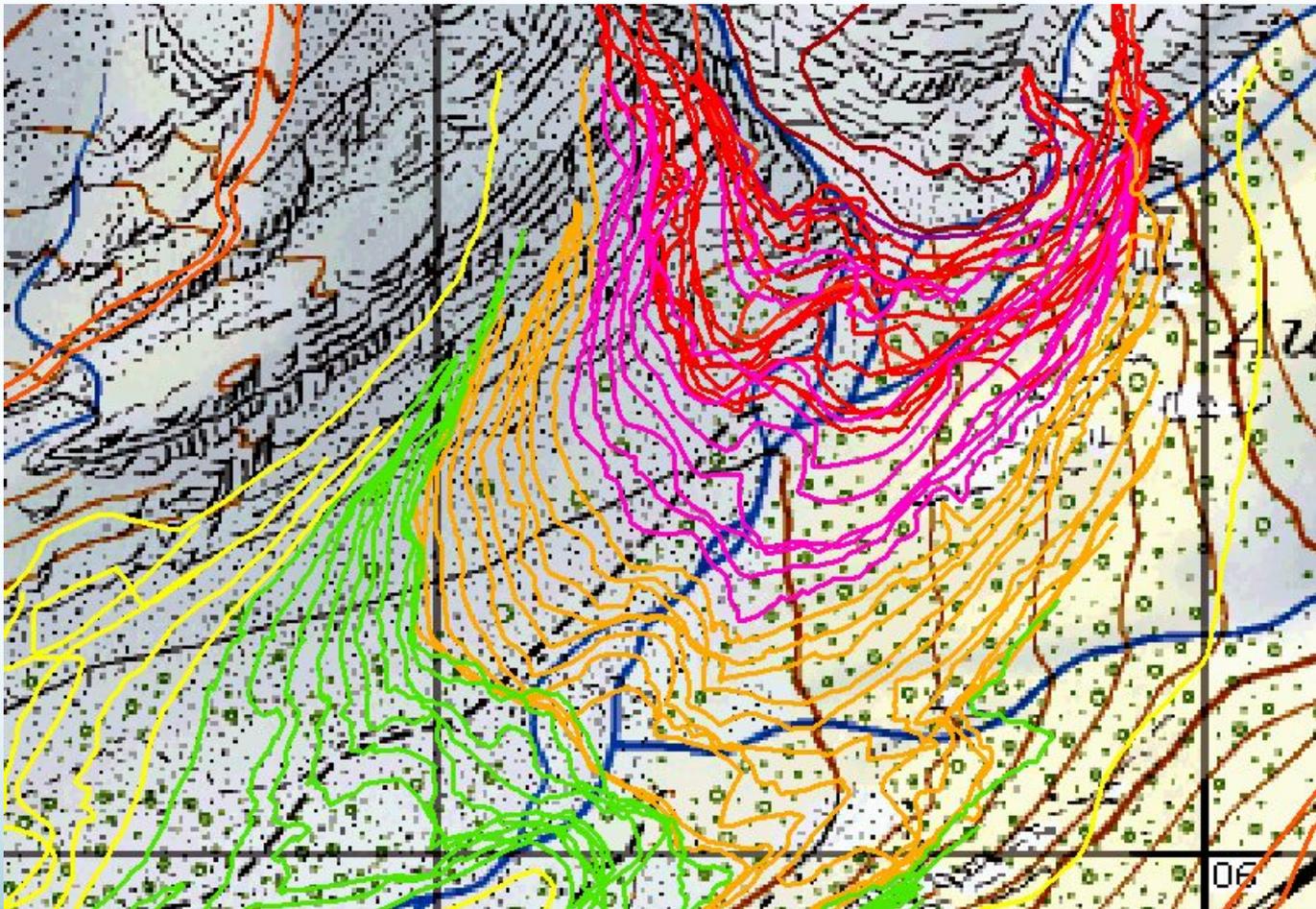
- DHM 2010:
1. Mittelwert: 2.61 [m]  
Standardabw: 1.83 [m]
  2. Mittelwert: 3.46 [m]  
Standardabw: 1.49 [m]
  3. Mittelwert: 2.74 [m]  
Standardabw: 1.55 [m]

In steilen Gebieten gibt es 2 bis 3 Ausreisser pro Kategorie (bis 6 Meter)!

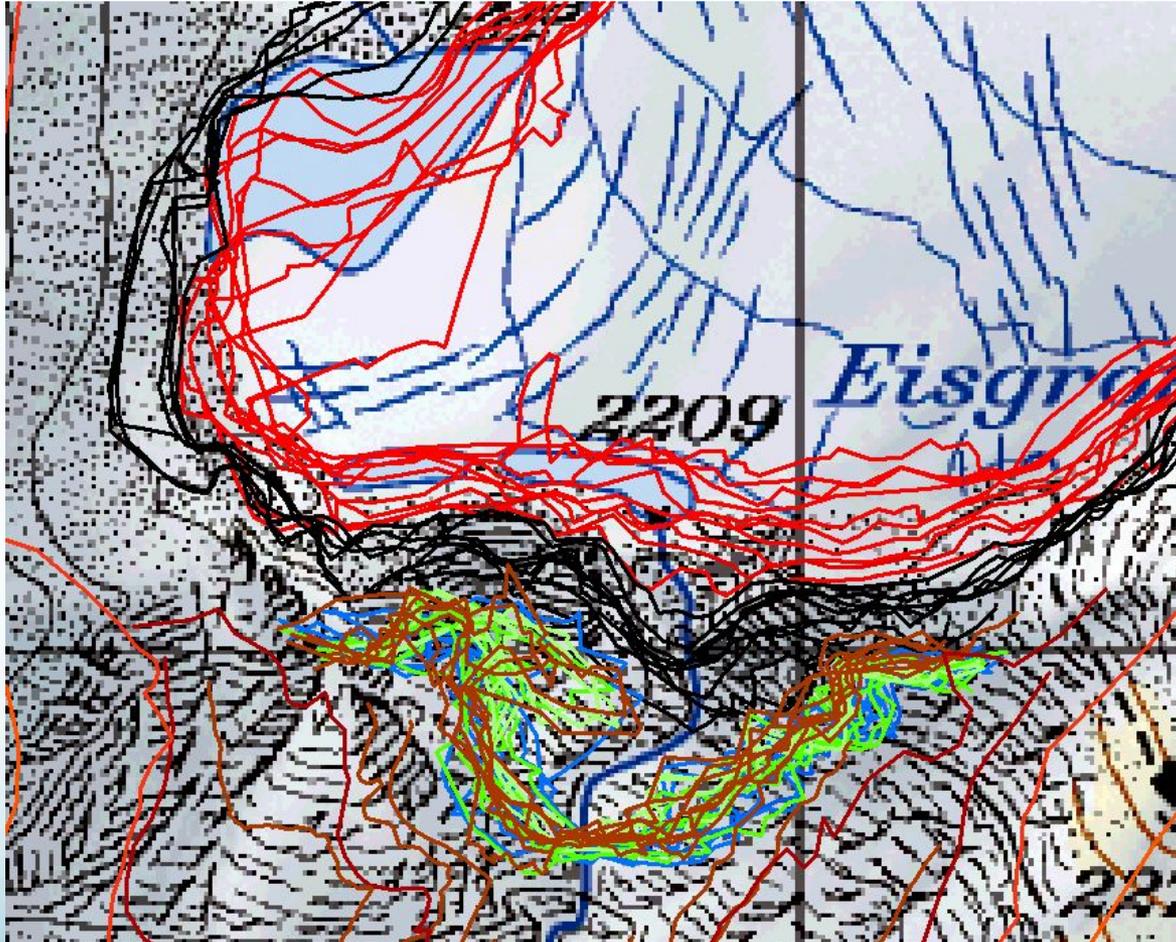
## 2. Sammlung von historischen Gletscherzungenständen



# Details (1/2)



# Details (2/2)



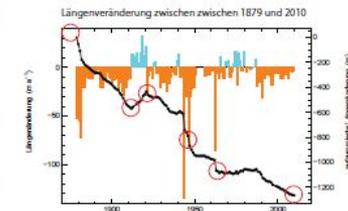
# 3. Produktion der Karte

Darstellung der signifikanten Gletscherstände des Rhonegletschers auf einem Schrägbild



Jahresstände    — 1874    — 1912    — 1921    — 1945    — 1963    — 2010

Diese Karte zeigt die wichtigste lokale Minimum und Maximum Zungenposition der Rhonegletscher. Die dazugehörige Datum der Zungen wurden gewählt von folgendem Graphik, der alle historische Längeänderung zeigt.



Quellen

**Schrägbild:**

J.Geiger, Flims, Sommer 1962

**Graphik:**

Gletscherberichte (1881-2009). "Die Gletscher der Schweizer Alpen", Jahrbücher der Expertenkommission für Kryosphärenmessnetze der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT) herausgegeben seit 1964 durch die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich. No. 1-126, (<http://glaciology.ethz.ch/swiss-glaciers/>)

**Gletscherzungen:**

Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich

**Impressum**

Bachelor Arbeit FS 2012  
Institut für Kartografie und Geoinformation,  
ETH Zürich

Autor: Milo Pozzi  
Leitung: Prof. Dr. Lorenz Hurni  
Betreuung: Samuel Wiesmann

# Schlussfolgerungen (1/2)

- Das WSL Monoplotting Tool gibt sehr zuverlässige Resultate bei guten Bedingungen und bei Daten aus derselben Periode (Kalibrierung Bild 2010 und 2009 )
- Auch mit alten Bilder bekommt man akzeptable Genauigkeiten mit dem DHM2010. Das ende Fehler erhöht sich wegen der grösse Schwierigkeiten (diverse Bodenbedeckung zwischen 1874 und 2010) um die control points zu setzten.

# Schlussfolgerung (2/2)

- Alle gefundenen georeferenzierbaren Gletscherzustände des Rhonegletschers sind jetzt in digitaler Form vorhanden und bereit für eine Weiterverarbeitung.
- Sie können vielleicht den Glaziologen dienen um ihre Prognosen mit der Realität zu vergleichen

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit

?Fragen?