

---

# Rekonstruktion von Gletscher-Höhenmodellen

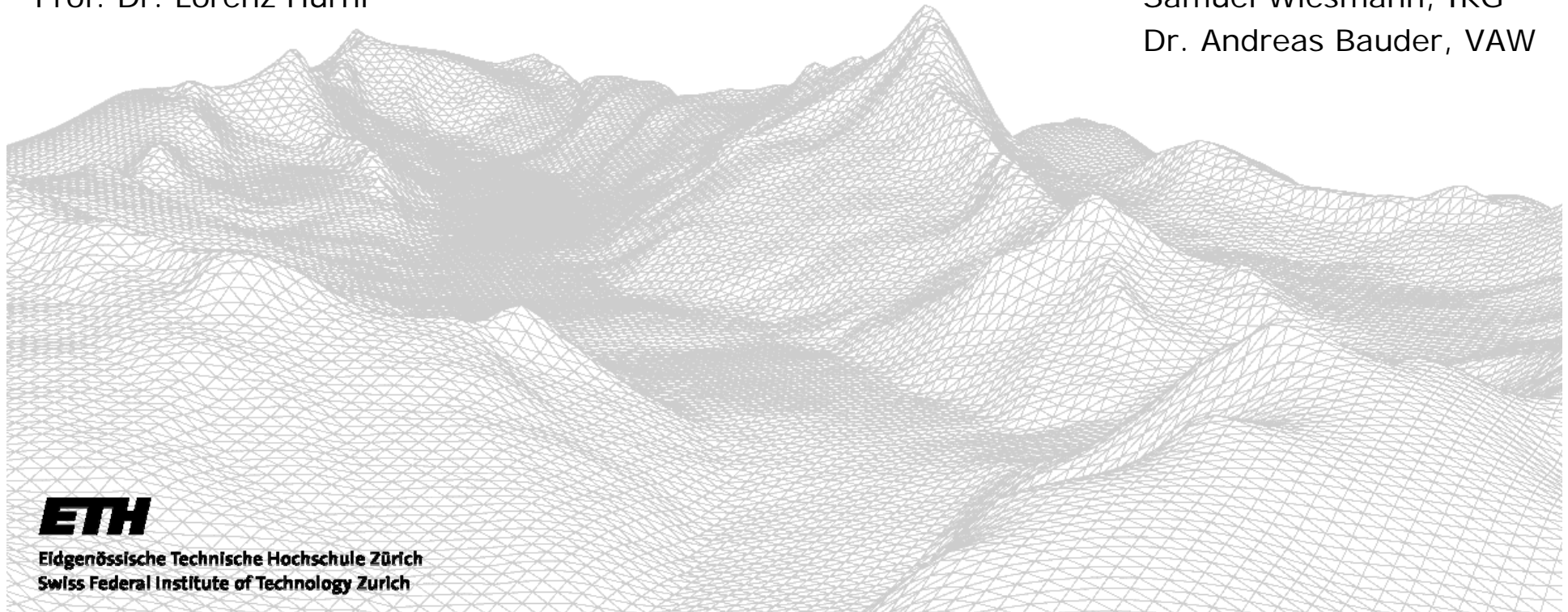
Masterarbeit  
FS 2011  
Andreas Sidler

Leitung:  
Prof. Dr. Lorenz Hurni

Betreuung:  
Samuel Wiesmann, IKG  
Dr. Andreas Bauder, VAW



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



---

# Inhaltsübersicht

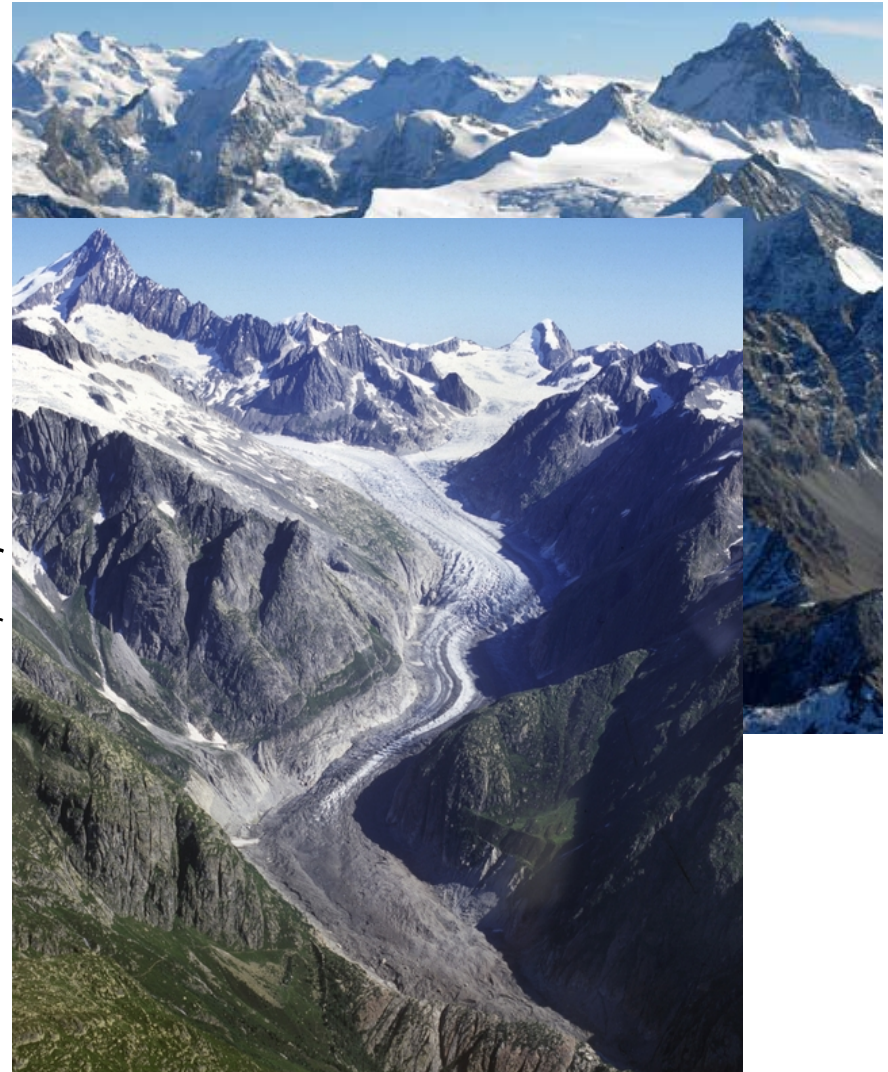
- Einführung
  - Ausgangslage
  - Zielsetzung
- Vorgehen und Methodik
  - Etappen 1 bis 4
  - Von der Karte zum DHM
- Resultate
  - Glacier de Moiry
  - Fieschergletscher
  - Expertenbefragung
- Fazit und Ausblick

## Einführung

- Ausgangslage
  - Glacier Monitoring der VAW
  - Anwendungen von DHM's in der Glaziologie
- Zielsetzung
  - Hauptziel:**
    - DHM des Fieschergletschers inkl. Nebengletscher aus der LK50 (Erstausgabe)
  - Weitere Ziele:**
    - Anwendung eines neuen halbautomatischen Digitalisierungsverfahren
    - Verifizierung mit DHM des Glacier de Moiry aus der LK50 (Erstausgabe)
    - Interpolationen mit Topo to Raster
    - Diverse Visualisierungen
    - Evaluierung mit Expertenbefragung

## Einführung

- Testgebiet: Glacier de Moiry
  - Fläche (heute): 5 km<sup>2</sup>  
(1932): 7 km<sup>2</sup>
  - Länge: 5 km
  - Rückzug seit 1932: 600 m
  - auf 2400 – 3800 m
- Studiengebiet: Fieschergletscher  
inkl. Studer- und Galmigletscher
  - Fläche (heute): 36 km<sup>2</sup>  
(1927): 42 km<sup>2</sup>
  - Länge: 15 km
  - Rückzug seit 1927: 950 m
  - auf 1700 – 4200 m



## Vorgehen und Methodik

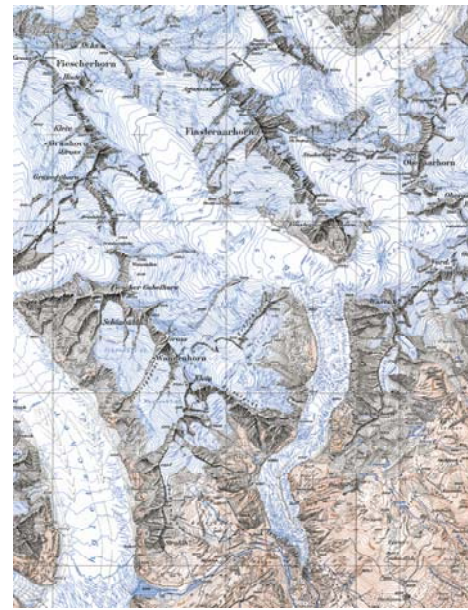
- Vorgehen
  - Etappe 1: Testgebiet „Glacier de Moiry“
  - Etappe 2: Studiengebiet „Fieschergletscher“
  - Etappe 3: Visualisierung und Vergleiche des Studiengebietes
  - Etappe 4: Experteninterviews
- Methodik: Von der Karte zum DHM
  - Schritt 1: Bildbearbeitung und Farbseparierung
  - Schritt 2: Vektorisierung von Rasterdaten zu Vektordaten
  - Schritt 3: Interpolation von Höhenmodellen
  - Schritt 4: Visualisierungen und Vergleiche

# Von der Karte zum DHM

- Grundlage: Erstausgabe der Landeskarte 1:50'000
  - Zeichnungsgenauigkeit: 0,1 – 0,3 mm  
entspricht: 10 – 15 m in natura
  - Gescant mit / ohne Relief



Glacier de Moiry



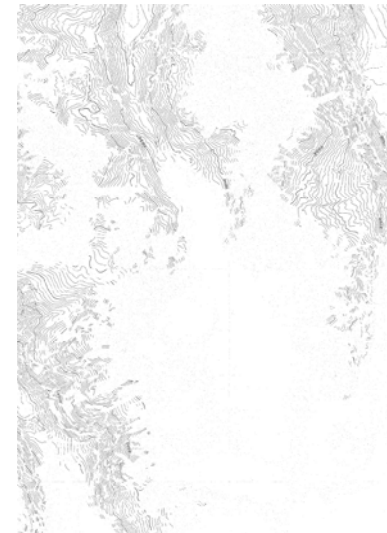
Fieschergletscher



# Von der Karte zum DHM

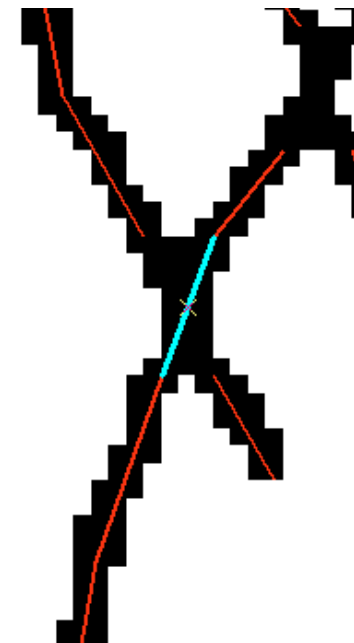
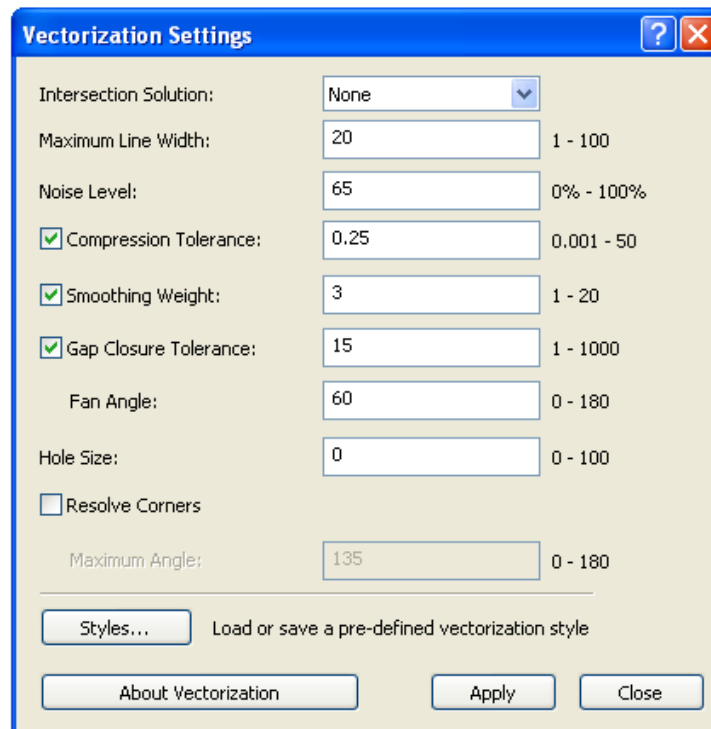
## 1. Bildbearbeitung und Farbseparierung

- LK 50: 8 Farben
- Kanalberechnungen Photoshop (blau, schwarz, braun)



# Von der Karte zum DHM

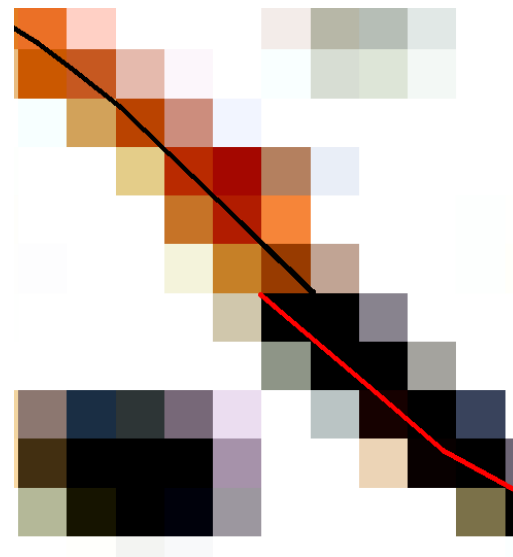
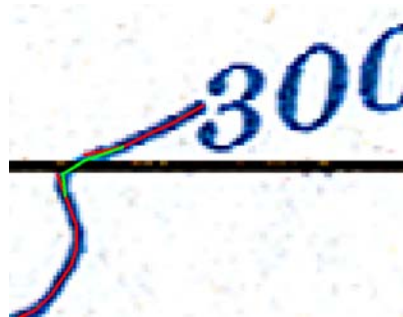
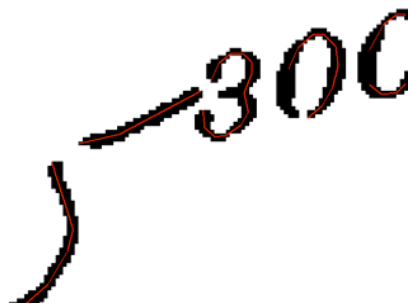
## 2. Vektorisierung von Rasterdaten zu Vektordaten ESRI ArcGIS (Extension ArcScan)





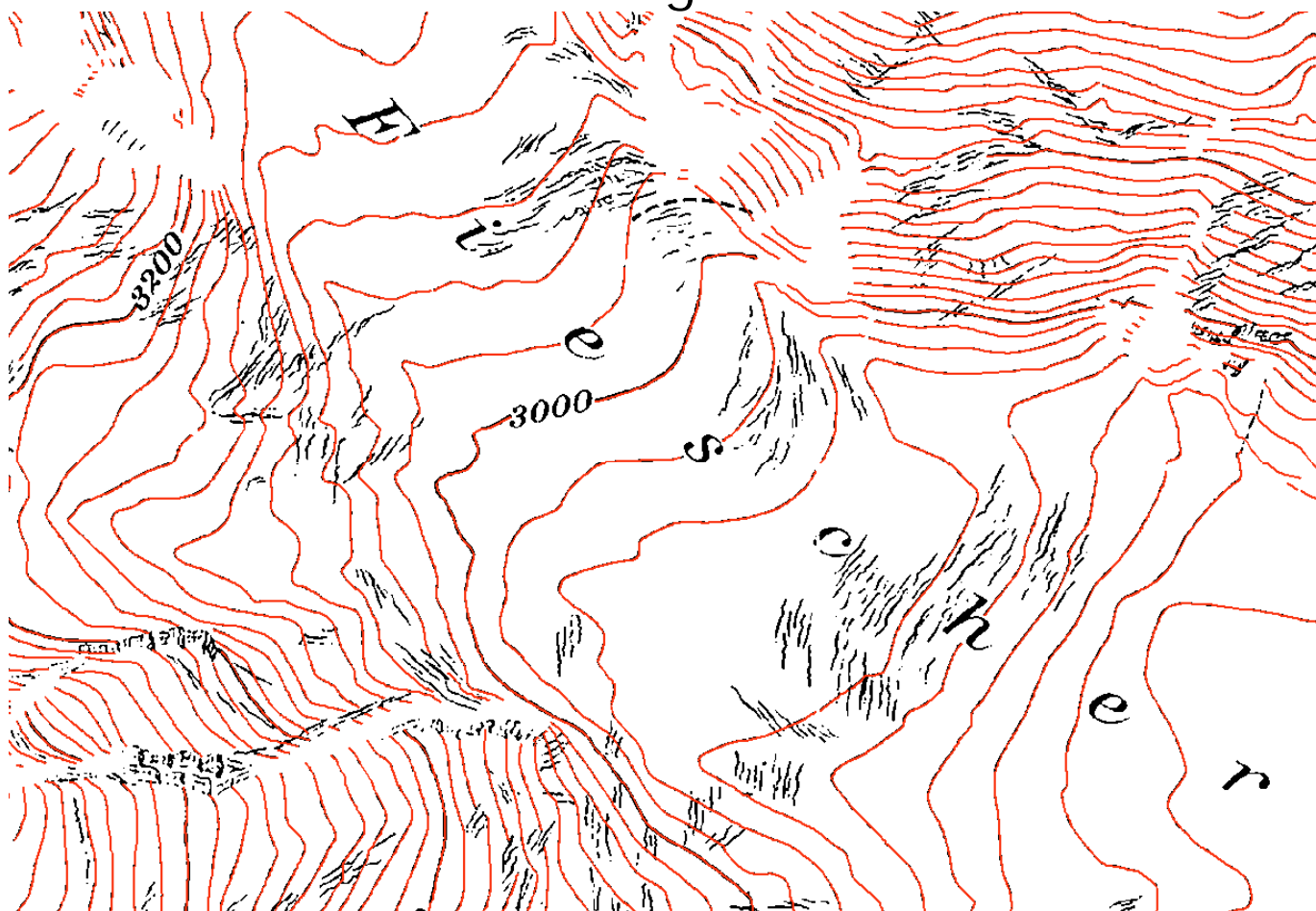
# Von der Karte zum DHM

Probleme: Manuelle Arbeit



# Von der Karte zum DHM

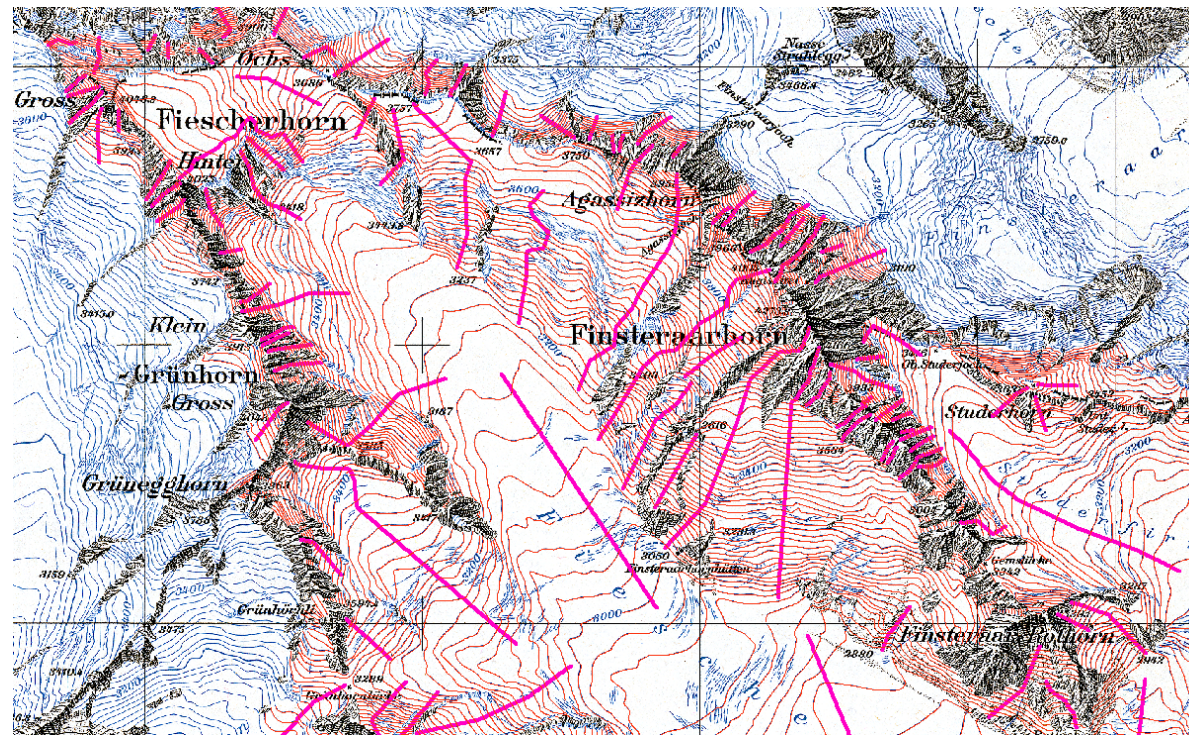
Resultat nach der Vektorisierung



# Von der Karte zum DHM

## 3. Attribuierung von Höhenlinien

- Manuelle Arbeit
- Halbautomatische Attribuierung (5841 Konturlinien)

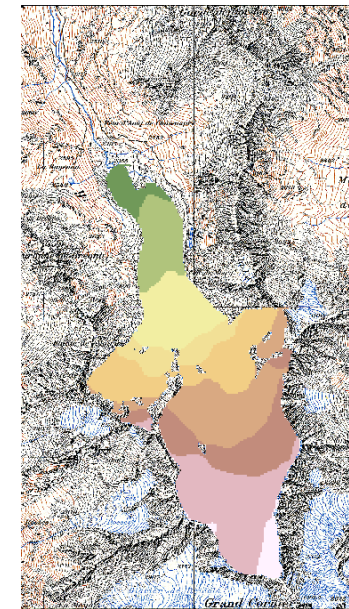
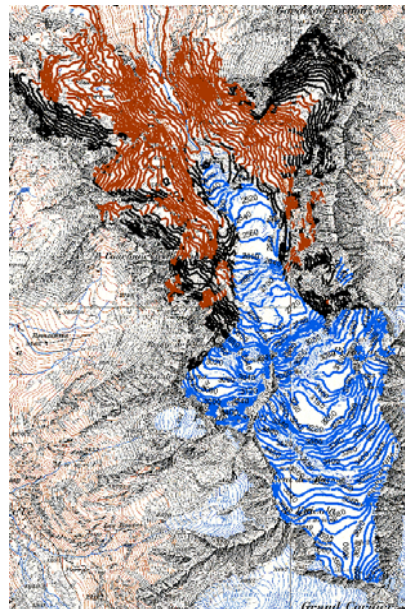




# Von der Karte zum DHM

## 4. Interpolation

- ArcGIS: Topo to Raster
- Input: Höhenlinien und Knoten



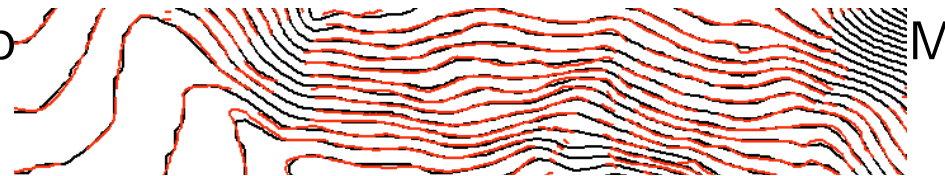
# Von der Karte zum DHM

## 4. Interpolation

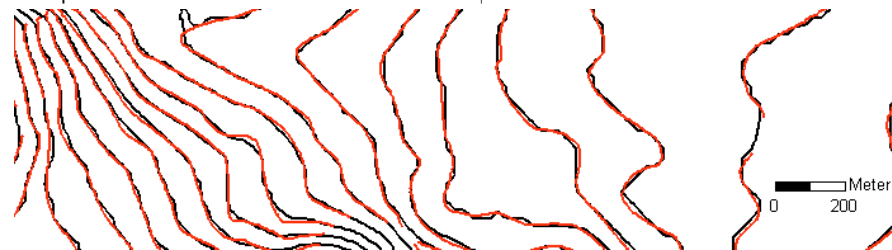
- Verifizierung des DHM's:

> Contour

> Überp

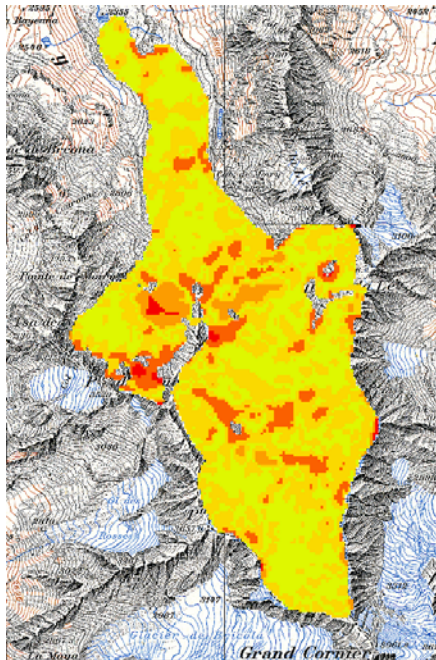


in [m]	Höhenunterschied Karte LK50 - DHM1927	Höhenunterschied Karte LK50- DHM2008	Höhenunterschied DHM1927 - DHM2008
Mittelwert	8.7	8.5	-0.2
Standardabweichung	17.4	10.6	18.3



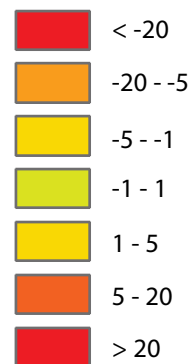
## Glacier de Moiry

- Glacier de Moiry: Vergleiche verschiedener DHM's
  - Überprüfung neuer Methodik und Operateur
- Differenzen = DHM[A] MINUS DHM[B]  
DHM Schenkel – DHM Sidler



### Legende

Differenzen in [m]

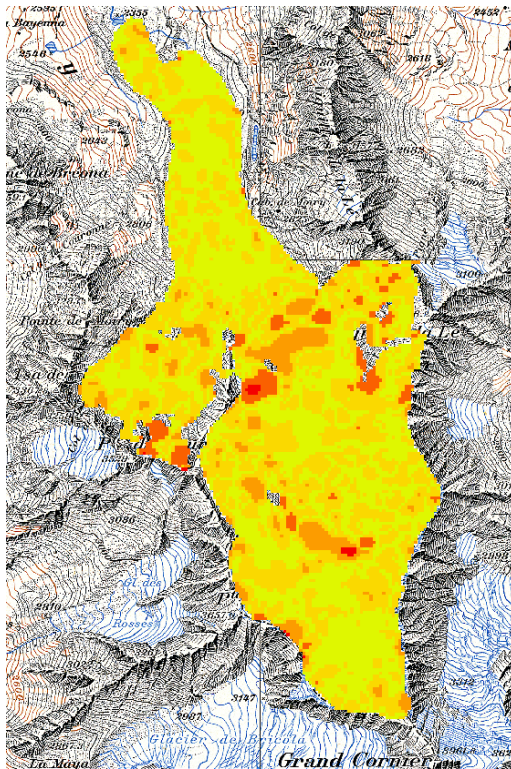


Minuend	DHM Schenkel
Subtrahend	DHM Sidler
Mittelwert	0.87
Standardabweichung	4.47
Minimum	-77.20
Maximum	35.54



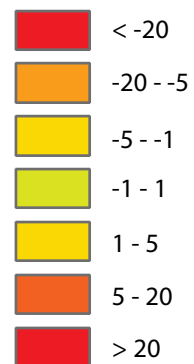
## Glacier de Moiry

- Glacier de Moiry: Vergleiche verschiedener DHM's  
DHM VAW – DHM Sidler



### Legende

Differenzen in [m]



<b>Minuend</b>	DHM VAW
<b>Subtrahend</b>	DHM Sidler
<b>Mittelwert</b>	0.19
<b>Standardabweichung</b>	4.63
<b>Minimum</b>	-27.15
<b>Maximum</b>	32.48

## Glacier de Moiry

- Glacier de Moiry: Vergleiche verschiedener DHM's

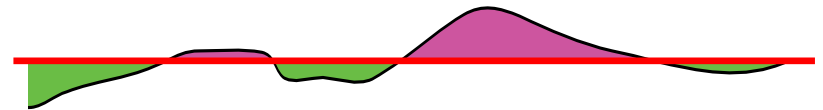
Volumenvergleich der Differenzen:

Referenzebene durch Ebene 0 →

Volumen überhalb 0 ca.: 10'300'000 m<sup>3</sup>

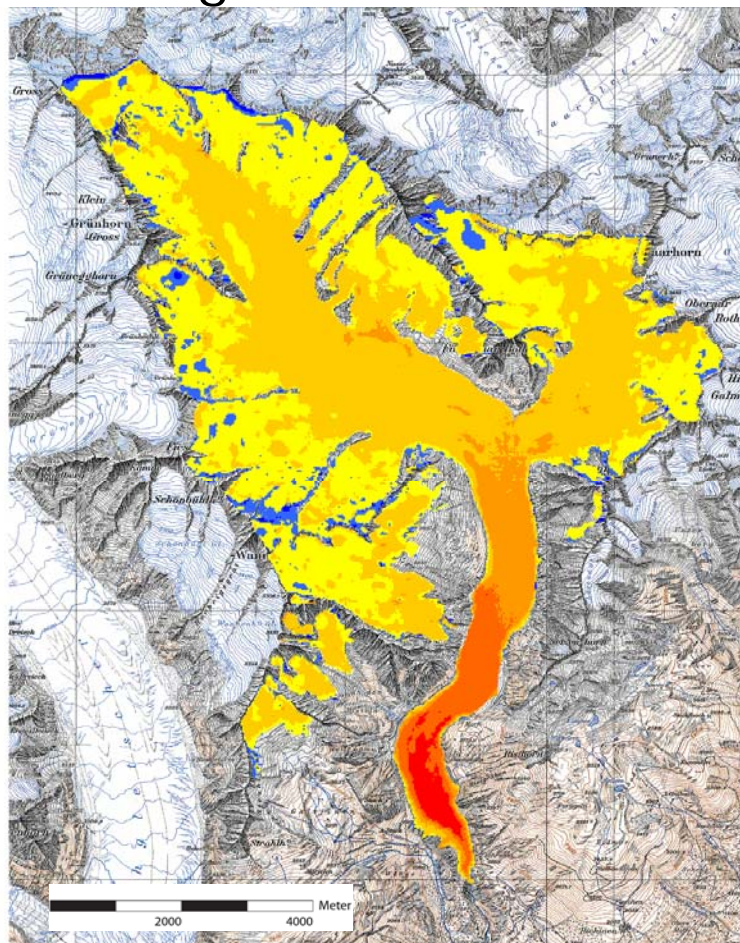
Volumen unterhalb 0 ca.: 9'700'000 m<sup>3</sup>

Differenz: 600'000 m<sup>3</sup> → ± 4.5 cm Eisschicht



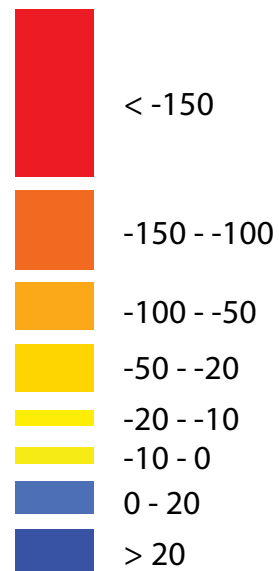
## Fieschergletscher

- Vergleiche der Gletscherstände 1927 und 2008



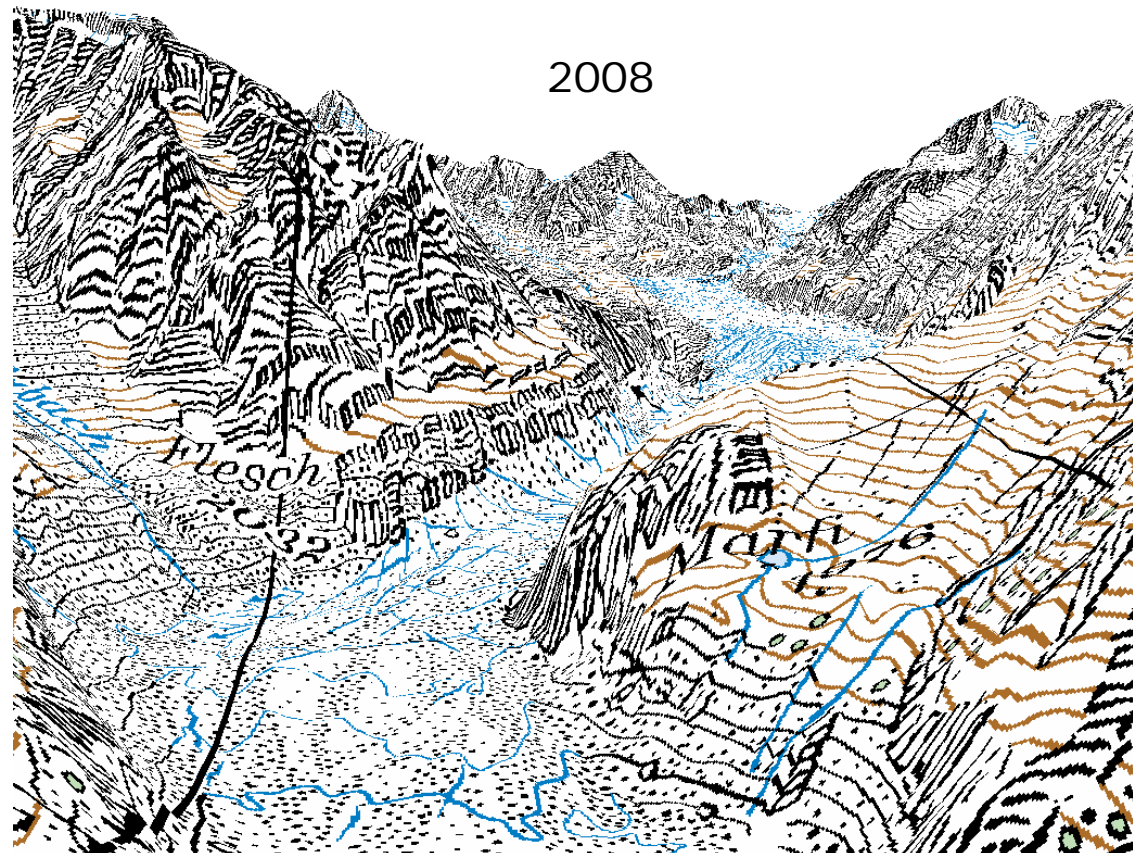
### DHM2008 - DHM1927

Differenzen in [m]



## Fieschergletscher

- Vergleiche verschiedener Gletscherstände  
Animation mittels Überblendung:



## Experteninterviews

- Experteninterviews
- Evaluierung 20 verschiedener Darstellungen von Dickenänderungen auf Gletscher
- Interaktiver Prototyp mit Google Earth API und KML

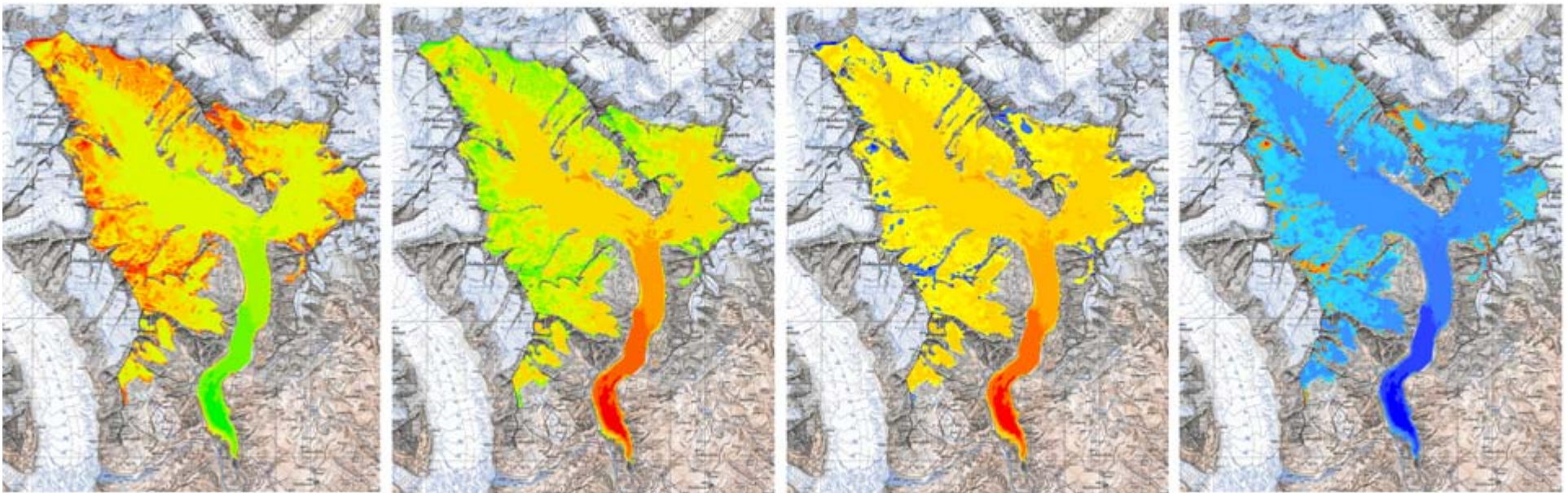
### Ziele:

- Ableitung genereller Aussagen zur Darstellung der Thematik
  - Experten = Personen, die „über den Forschungsgegenstand besondere und umfassende Erfahrungen haben“ Atteslander [2008]
    - **5 Experten aus dem Fachbereich der Kartografie (IKG)**
    - **2 Experten aus dem Fachbereich der Glaziologie (VAW)**
  - Inhalt: 7 Frageblöcke zur Thematik
  - Dauer des Interviews: zirka 60 min
- 
- 1. Auswertung



## Frageblock 1: Farbgebung und Farbschema

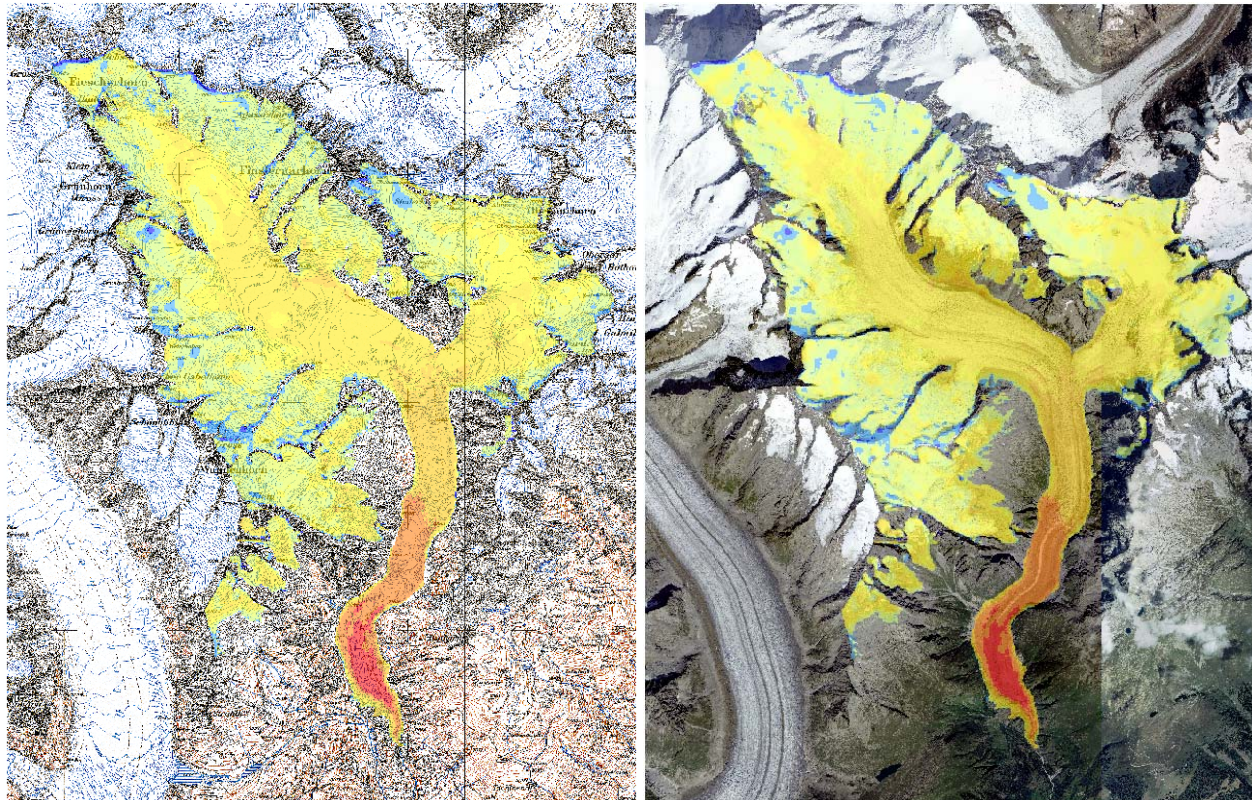
- Farbschema: rot = Abnahme, blau = Zunahme





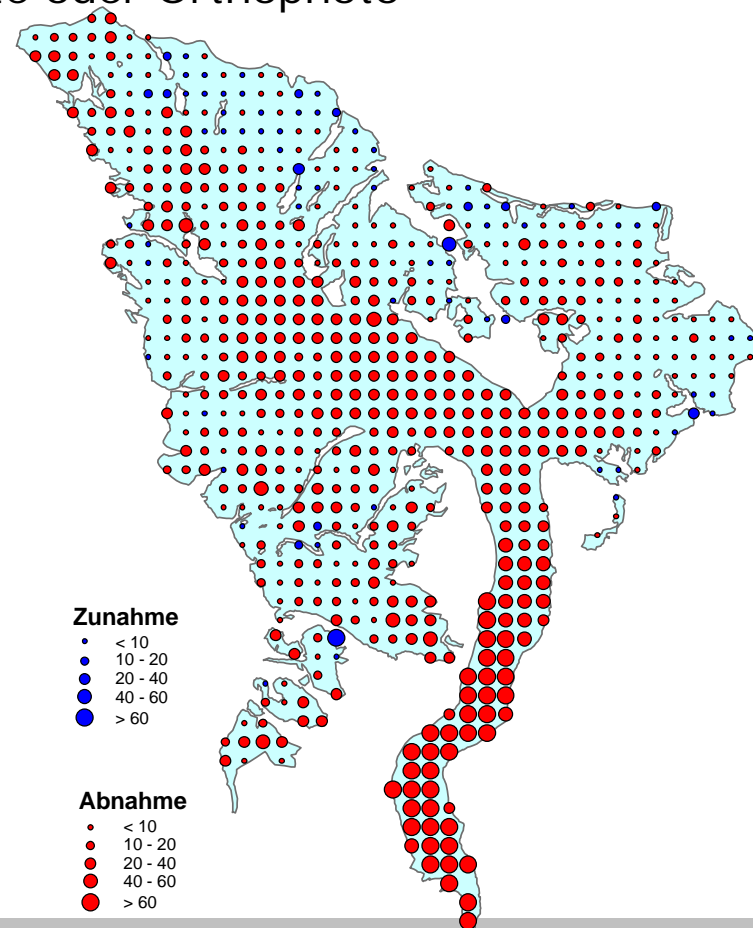
## Frageblock 2: Basiskarte und Thematik

- Farbschema: rot = Abnahme, blau = Zunahme
- **Basiskarte: Zur Orientierung = Topo-Karte oder Orthophoto**



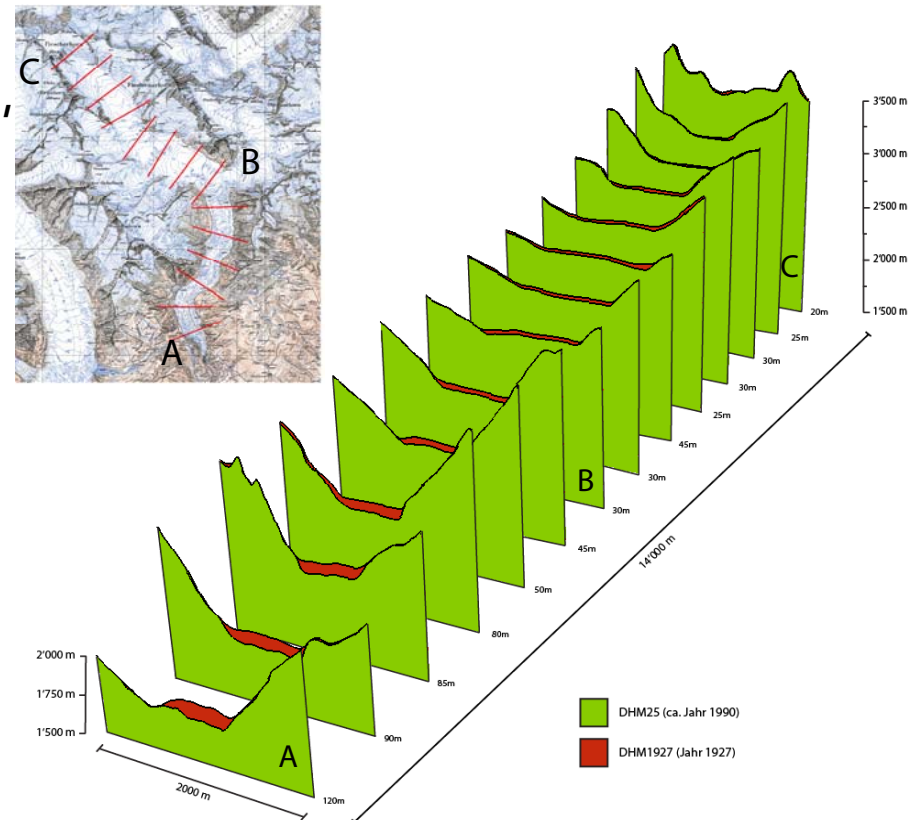
## Frageblock 3: Größenproportionale Kreissymbole

- Farbschema: rot = Abnahme, blau = Zunahme
- Basiskarte: Zur Orientierung = Topo-Karte oder Orthophoto
- **Größenproportionale Kreissymbole:**  
**Abstrakte Darstellung mit**  
**punktueller Information**



## Frageblock 4: Gestaffelte Profile

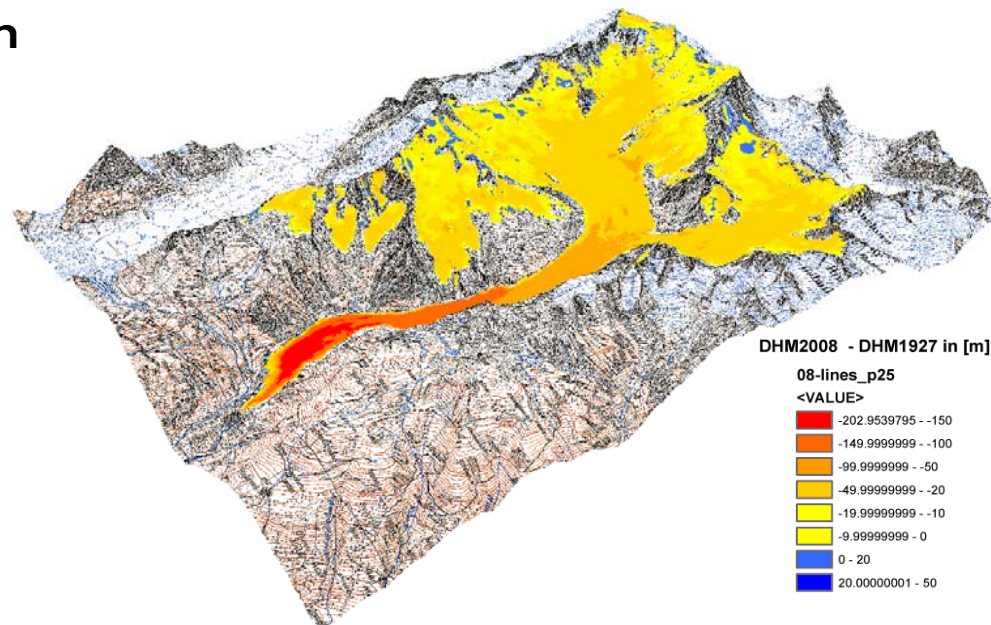
- Farbschema: rot = Abnahme, blau = Zunahme
- Basiskarte: Zur Orientierung = Topo-Karte oder Orthophoto
- Größenproportionale Kreissymbole: Abstrakte Darstellung mit punktueller Information
- **Gestaffelte Profile: Interessante, neue Darstellung**





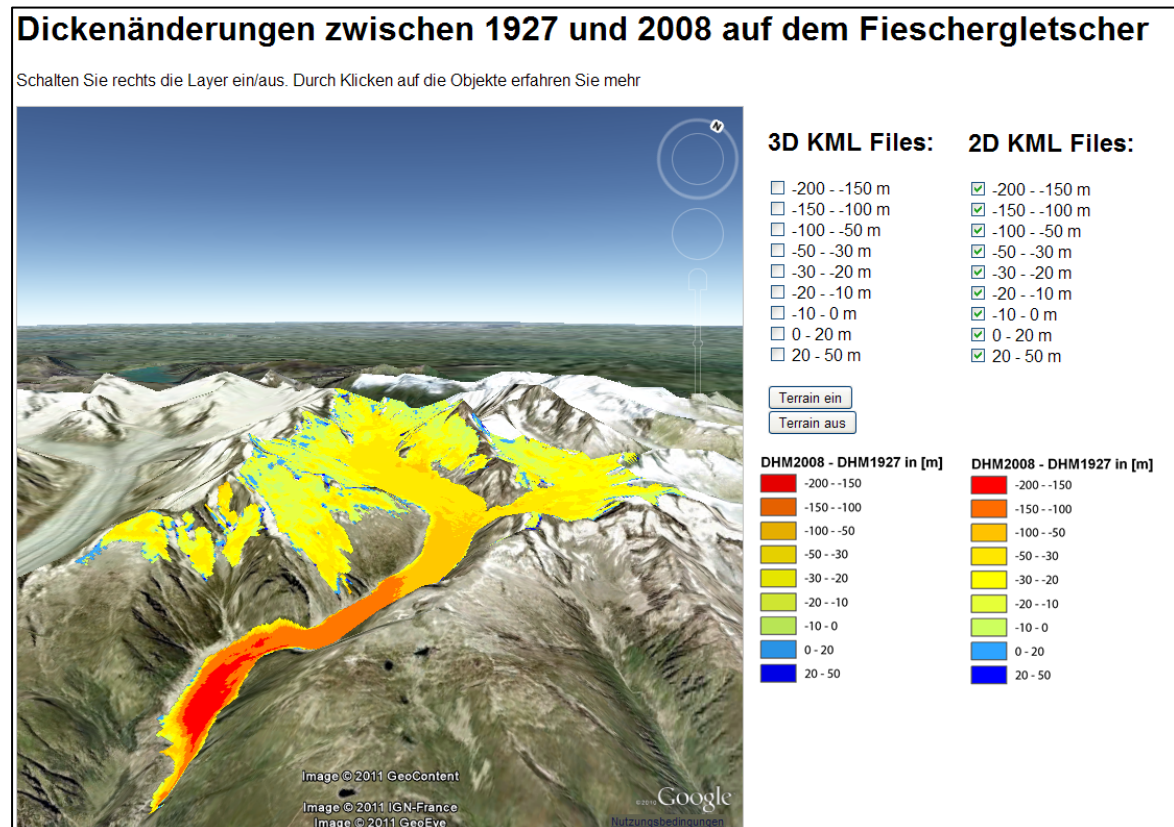
## Frageblock 5: 2.5D-Visualisierungen

- Farbschema: rot = Abnahme, blau = Zunahme
- Basiskarte: Zur Orientierung = Topo-Karte oder Orthophoto
- Größenproportionale Kreissymbole: Abstrakte Darstellung mit punktueller Information
- Gestaffelte Profile: Interessante, neue Darstellung
- **2.5D-Visualisierung: Anschaulich, in gedruckter Version mit Nachteilen**



## Frageblock 6: Interaktives Beispiel

- Farbschema: rot = Abnahme, blau = Zunahme
- Basiskarte: Zur Orientierung = Topo-Karte oder Orthophoto
- Größenproportionale Kreissymbole: Abstrakte Darstellung mit punktueller Information
- Gestaffelte Profile:
- 2.5D-Visualisierung:
- **Interaktives Beispiel:**  
**Attraktive und anziehende Ergänzung**



## Frageblock 7: Abschlussfragen

- Farbschema: rot = Abnahme, blau = Zunahme
- Basiskarte: Zur Orientierung = Topo-Karte oder Orthophoto
- Größenproportionale Kreissymbole: Abstrakte Darstellung mit punktueller Information
- Gestaffelte Profile: Interessante, neue Darstellung
- 2.5D-Visualisierung: Anschaulich, in gedruckter Version mit Nachteilen
- Interaktives Beispiel: Attraktive und anziehende Ergänzung
- **Abschlussfragen: Darstellung von Zielpublikum und Zweck abhängig**



# Fazit und Ausblick

## Fazit:

- DHM Fieschergletscher (Gletscherstand Jahr 1927) für die VAW
- Halbautomatisches Verfahren von der Karte zum DHM
- Mehrere Visualisierungen nach verschiedenen Aspekten erstellt
- Expertenbefragung als 1.Schritt mit Erkenntnissen für die Weiterentwicklung von Gletschervisualisierungen

## Ausblick:

- Automatisiertes Verfahren zur DHM-Generierung
- Weiterentwicklung des interaktiven Prototyps
- Animierte Visualisierungen (Morphing etc.)
- Optimierung der Visualisierungen gemäss Expertenkommentare

## Persönliches Fazit:

---

# Rekonstruktion von Gletscher-Höhenmodellen

Masterarbeit  
FS 2011  
Andreas Sidler

Leitung:  
Prof. Dr. Lorenz Hurni

Betreuung:  
Samuel Wiesmann, IKG  
Dr. Andreas Bauder, VAW



Danke für Ihre Aufmerksamkeit