



# Gefahrenkartierung auf dem Juneau Icefield aus Satellitendaten

Masterarbeit 2012

Michèle Brügger

Leitung

Prof. Lorenz Hurni

Betreuung:

Samuel Wiesmann

Lorenzo Oleggini

# Ablauf

1. Ausgangslage    2. Problemstellung    3. Zielsetzung    4. Grundlagen    5. Vorgehen    6. Resultate    7. Ausblick

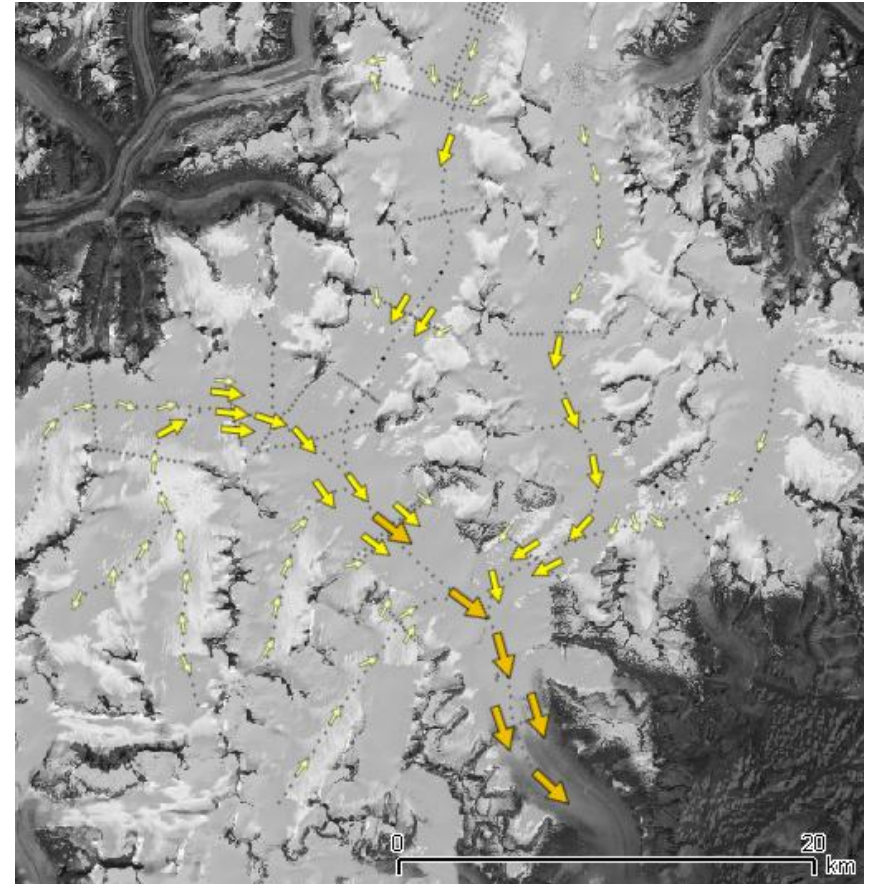
1. Ausgangslage
2. Problemstellung
3. Zielsetzung
4. Grundlagen
5. Vorgehen
  - Farbkomposition
  - Bildanalyse
6. Resultate
  - Kontrolle
  - Karte
7. Ausblick

# Ausgangslage

1. Ausgangslage    2. Problemstellung    3. Zielsetzung    4. Grundlagen    5. Vorgehen    6. Resultate    7. Ausblick

## Juneau Icefield

- Alaska
- Fläche von 4'400 km<sup>2</sup>
- Fliessgeschwindigkeiten bis 30 cm pro Tag
- Forschungsgebiet für das Juneau Icefield Research Program (JIRP) seit 1946



# Problemstellung

1. Ausgangslage

2. Problemstellung

3. Zielsetzung

4. Grundlagen

5. Vorgehen

6. Resultate

7. Ausblick

## **Gefahren auf einem Gletscher**

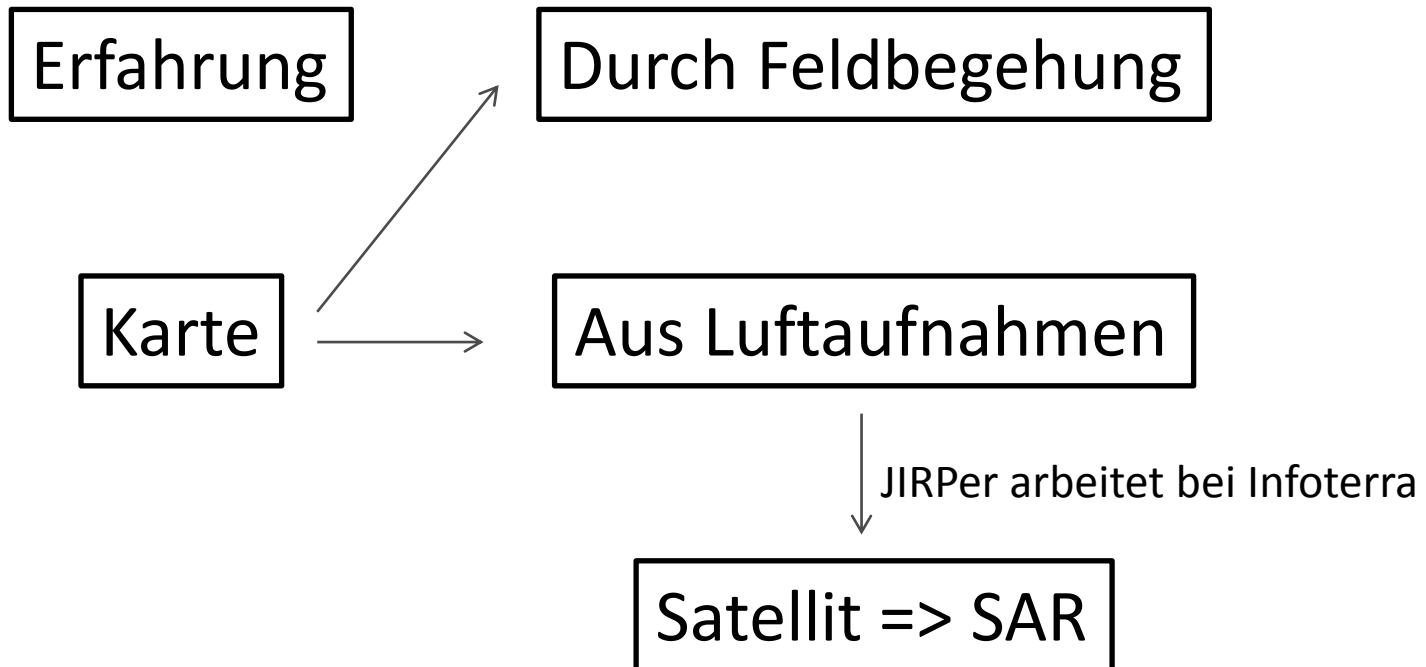
- Wetter (Sonne, Nebel)
- Tiere (Bären)
- Steinschlag
- Lawinen
- Gletscherspalten

# Problemstellung

1. Ausgangslage 2. Problemstellung 3. Zielsetzung 4. Grundlagen 5. Vorgehen 6. Resultate 7. Ausblick

## Gletscherspalten

Gefahrumgehung durch:





# Problemstellung

1. Ausganglage

2. Problemstellung

3. Zielsetzung

4. Grundlagen

5. Vorgehen

6. Resultate

7. Ausblick

Wie kann mit Terra-SAR-X-Daten auf  
Gletscherspaltengebiete hingewiesen werden?

# Zielsetzung

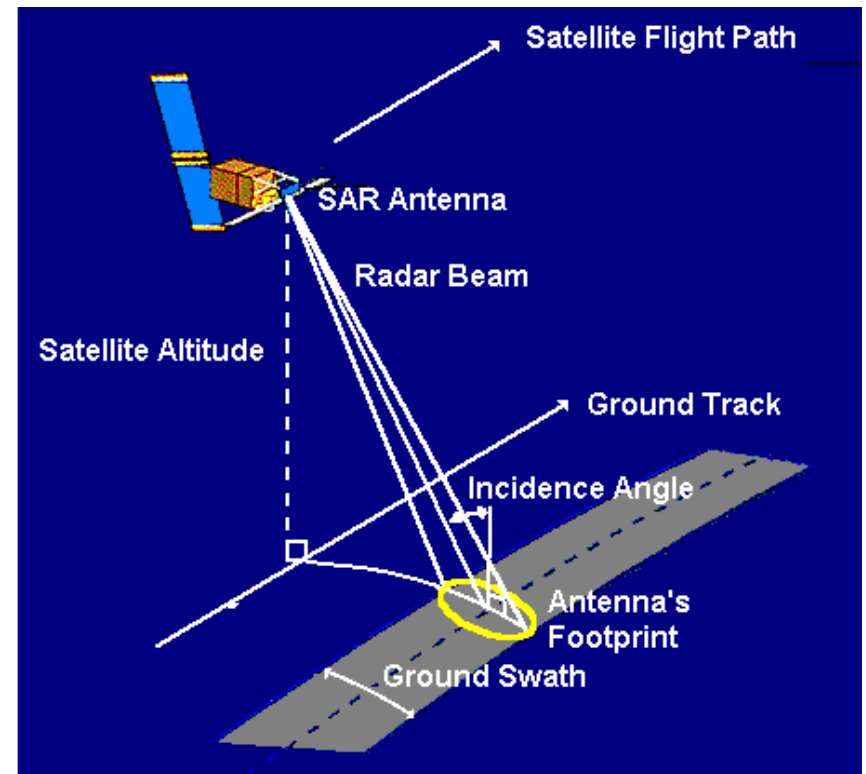
1. Ausganglage   2. Problemstellung   3. Zielsetzung   4. Grundlagen   5. Vorgehen   6. Resultate   7. Ausblick

- Gletscherspaltengefahrenkarte für
  - eine Risikominderung
  - die Navigation
  - eine Wegoptimierung
- Automatisierte Gletscherspaltendetektion aus TerraSAR-X-Aufnahmen
- Spalten in Gefahrenzonen zuordnen
- Spaltenzonen in der Gefahrenkarte visualisieren

# Synthetic Aperture Radar (SAR)

1. Ausgangslage    2. Problemstellung    3. Zielsetzung    4. Grundlagen    5. Vorgehen    6. Resultate    7. Ausblick

- Impulse gesendet
- Radarecho empfangen
- Gemessen wird die Laufzeit und Radarreflektivität (Intensität, Energie, Amplitude)

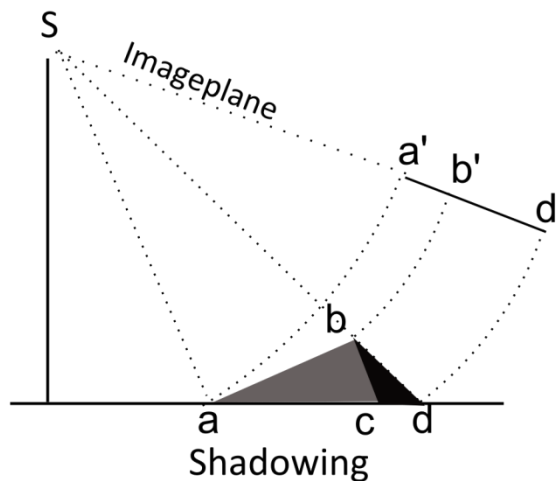
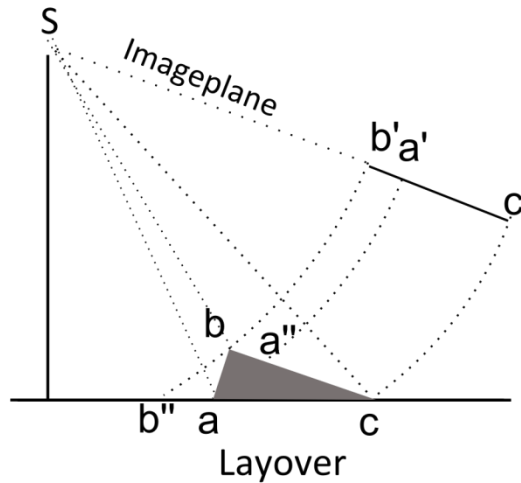
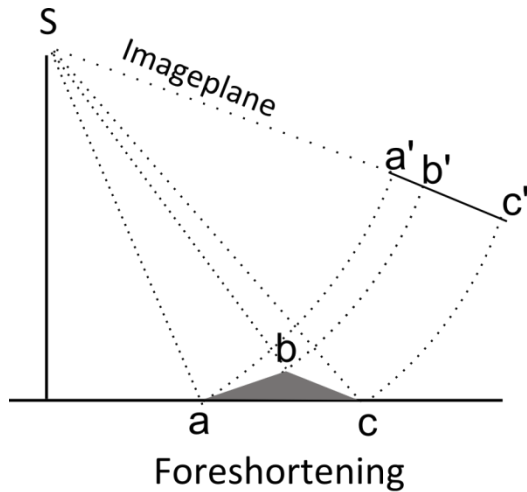


Quelle: [www.crisp.nus.edu.sg](http://www.crisp.nus.edu.sg)

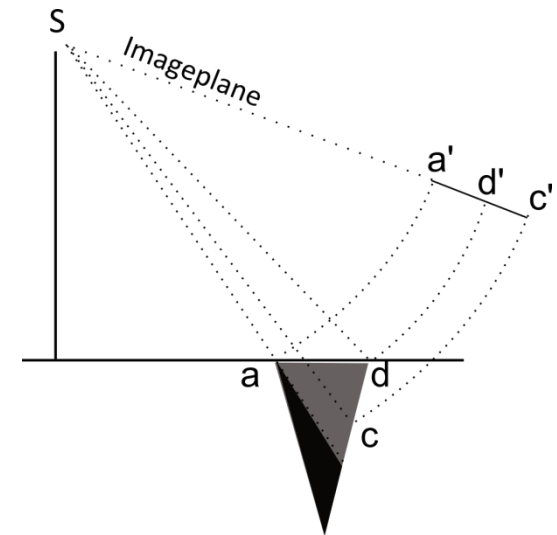


# Synthetic Aperture Radar (SAR)

1. Ausgangslage    2. Problemstellung    3. Zielsetzung    4. Grundlagen    5. Vorgehen    6. Resultate    7. Ausblick



## Effekte an einer Gletscherspalte

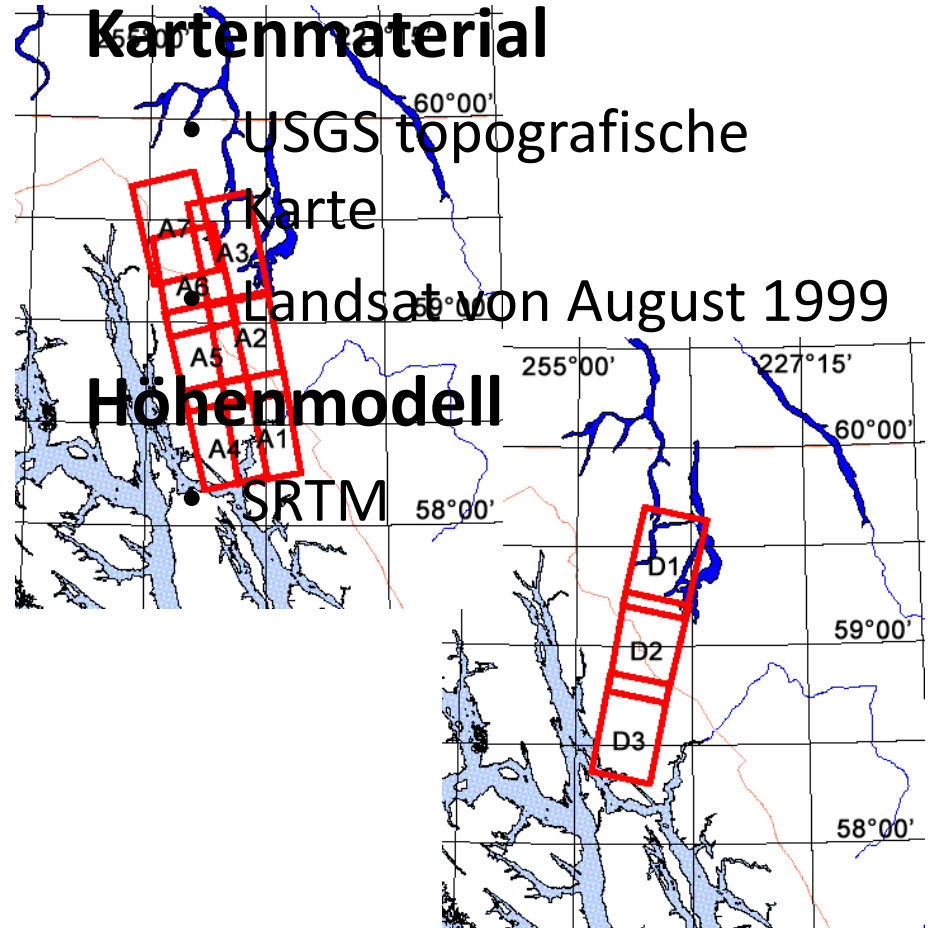


# Daten

1. Ausgangslage 2. Problemstellung 3. Zielsetzung 4. Grundlagen 5. Vorgehen 6. Resultate 7. Ausblick

## TerraSAR-X

- SAR:
  - Unabhängig von Wetter und Licht
  - Layover, Shadowing ..
  - Starkes Rauschen
- Auflösung:
  - 1.25m Auflösung

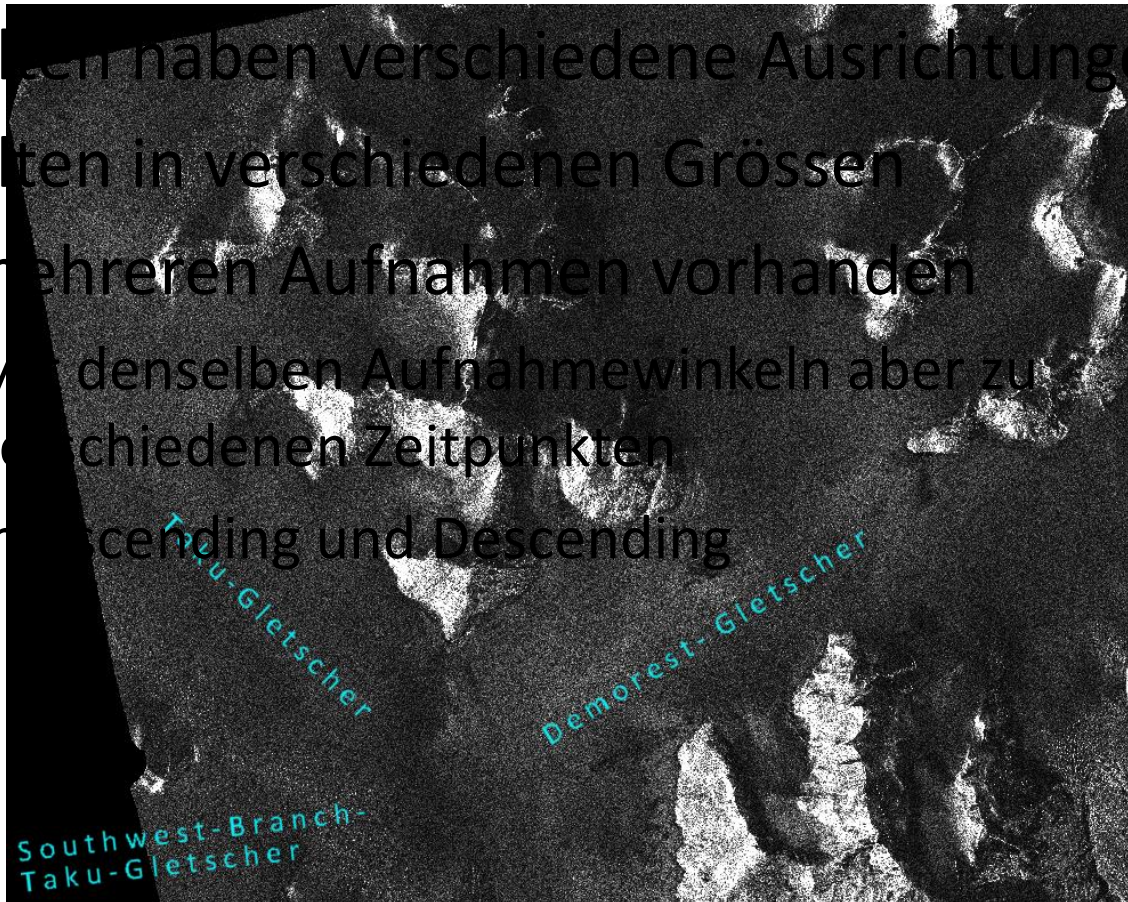


# Vorgehen

1. Ausgangslage 2. Problemstellung 3. Zielsetzung 4. Grundlagen 5. Vorgehen 6. Resultate 7. Ausblick

- Auswahl des Testgebiets

- Spalten haben verschiedene Ausrichtungen
- Spalten in verschiedenen Grössen
- In mehreren Aufnahmen vorhanden
  - Mit denselben Aufnahmewinkeln aber zu verschiedenen Zeitpunkten
  - In ascending und Descending



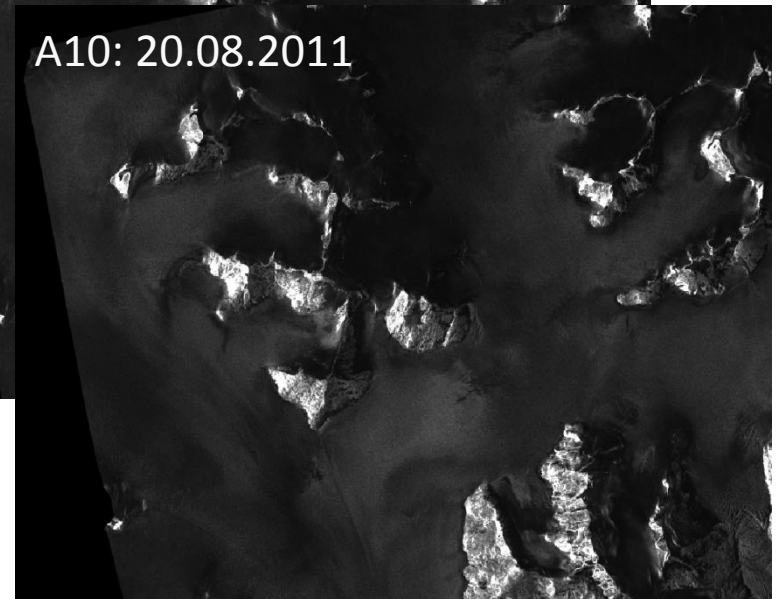
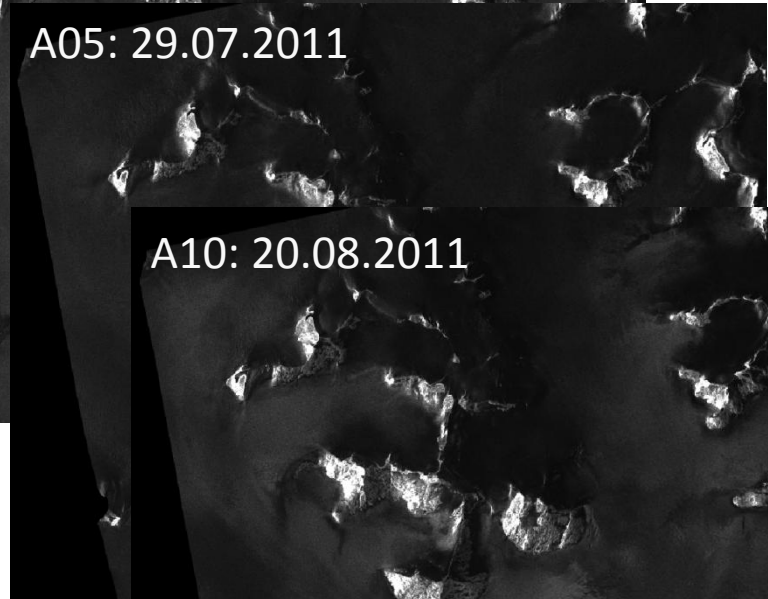
18 auf 15 km



# Farbkomposition

1. Ausgangslage   2. Problemstellung   3. Zielsetzung   4. Grundlagen   5. Vorgehen   6. Resultate   7. Ausblick

- 3 Aufnahmen
- Zu 3 verschiedenen Zeitpunkten aufgenommen
- Gleiches Gebiet
- Gleiche Aufnahmebedingung (Geometrie, Auflösung, Aufnahmewinkel)



# Farbkomposition

1. Ausganglage

2. Problemstellung

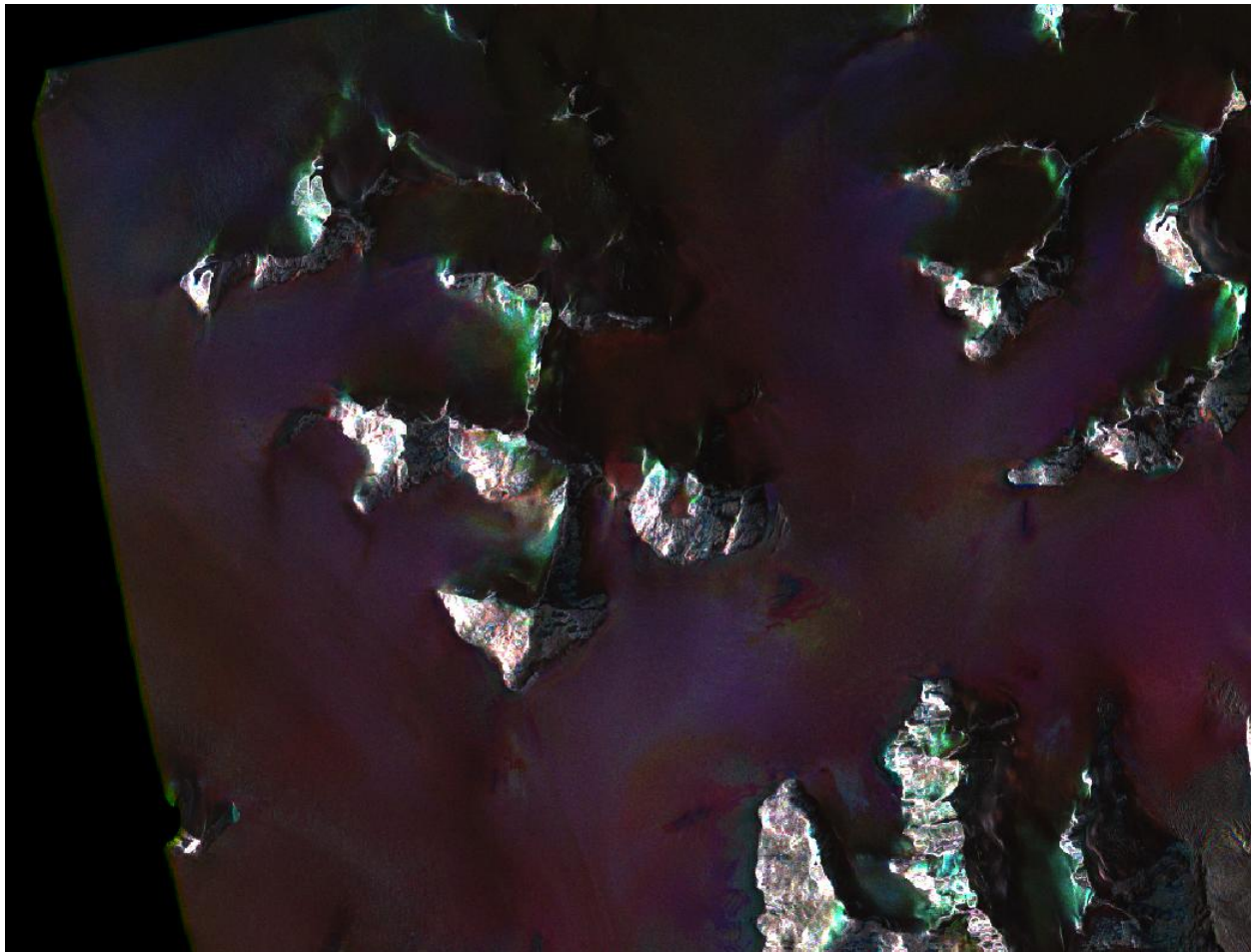
3. Zielsetzung

4. Grundlagen

5. Vorgehen

6. Resultate

7. Ausblick

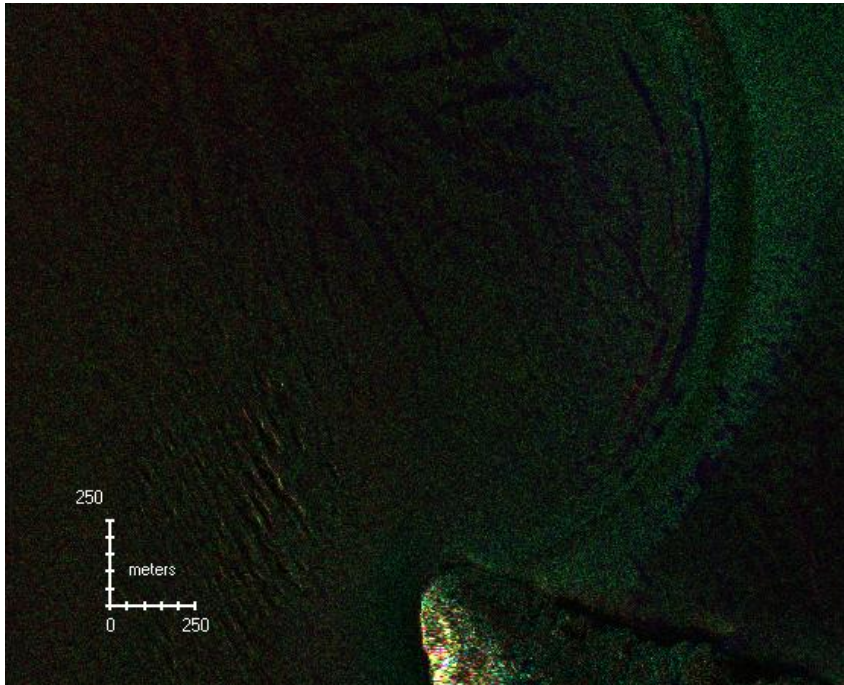


# Farbkomposition

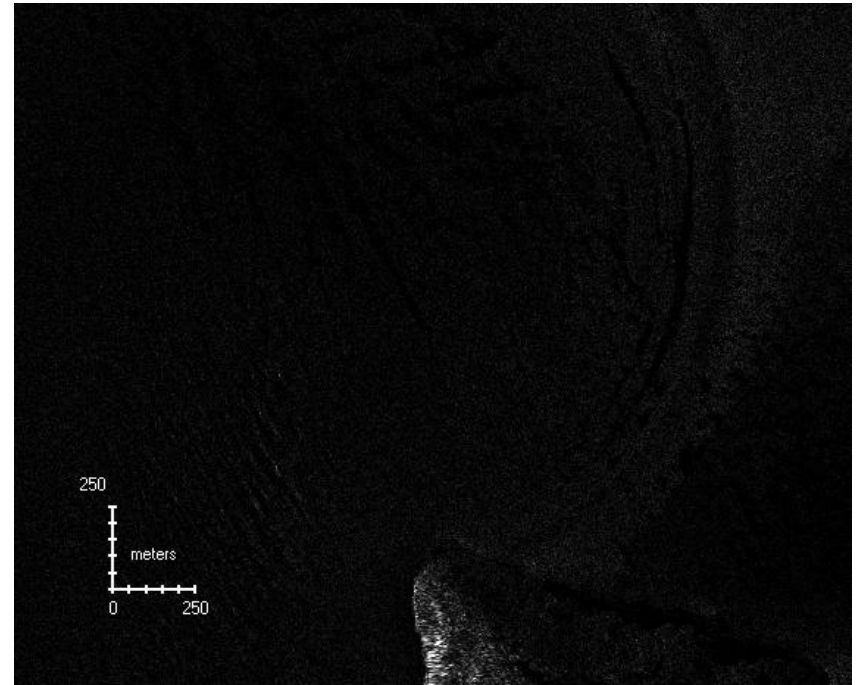
1. Ausgangslage 2. Problemstellung 3. Zielsetzung 4. Grundlagen 5. Vorgehen 6. Resultate 7. Ausblick

## Detailausschnitt

Farbkomposition



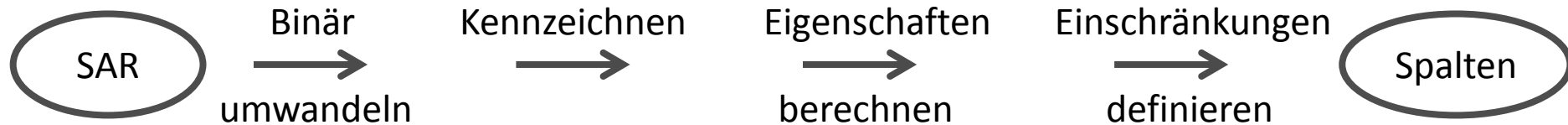
A05, original Ausschnitt



# Bildanalyse

1. Ausganglage   2. Problemstellung   3. Zielsetzung   4. Grundlagen   5. Vorgehen   6. Resultate   7. Ausblick

## Matlab





# Bildanalyse

1. Ausgangslage

2. Problemstellung

3. Zielsetzung

4. Grundlagen

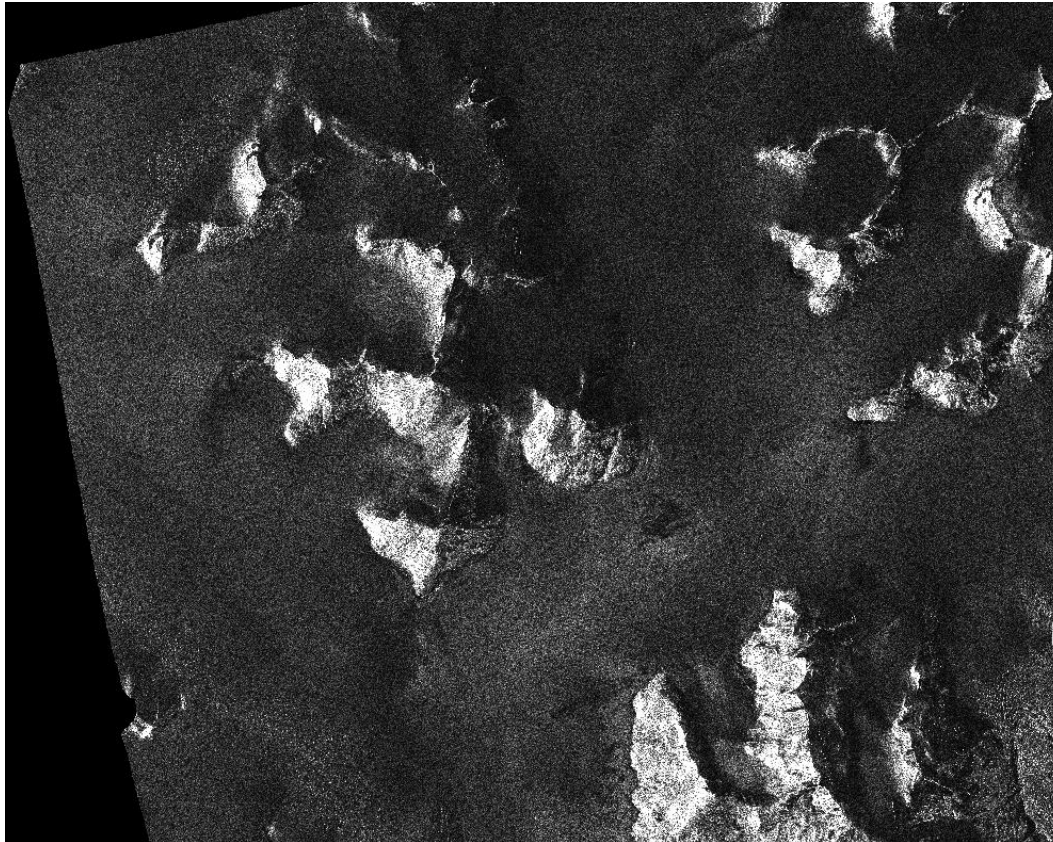
5. Vorgehen

6. Resultate

7. Ausblick

## Matlab

SAR



SAR

Spalten



# Bildanalyse

1. Ausgangslage 2. Problemstellung 3. Zielsetzung 4. Grundlagen 5. Vorgehen 6. Resultate 7. Ausblick

## Matlab

Binär  
→  
umwandeln

Binär umwandeln

SAR

*Schwarze* Spalten  
Werte bis 63

*Weisse* Spalten  
Werte zwischen 105 und 500

Spalten

# Bildanalyse

1. Ausgangslage 2. Problemstellung 3. Zielsetzung 4. Grundlagen 5. Vorgehen 6. Resultate 7. Ausblick

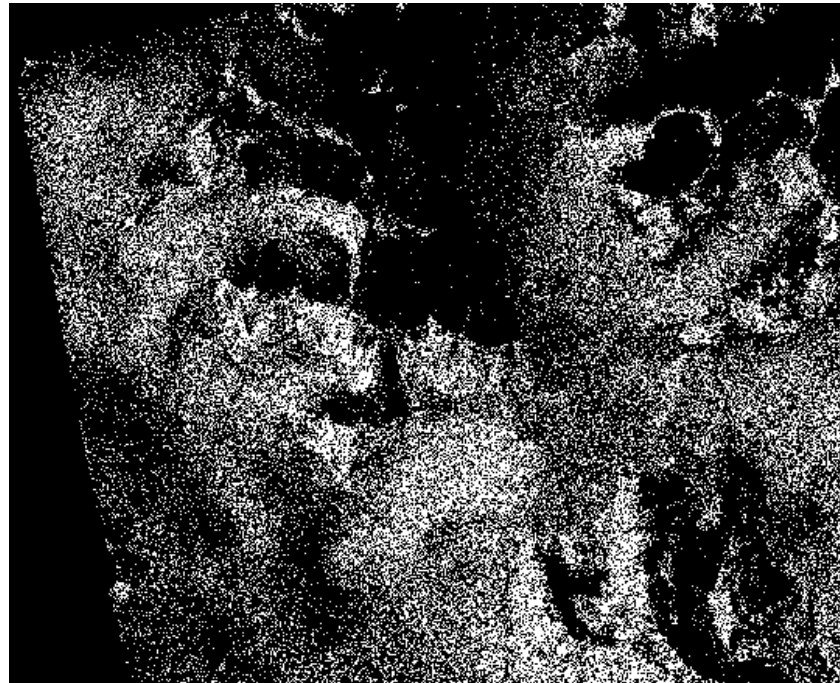
## Matlab

Binär  
→  
umwandeln

Kennzeichnen  
→

Kennzeichnen

SAR

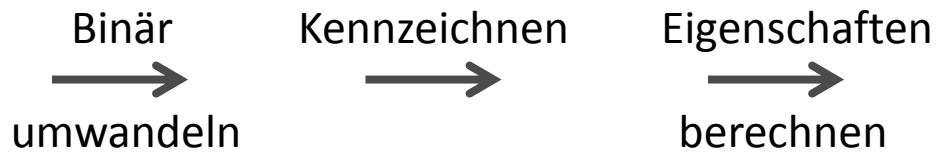


Spalten

# Bildanalyse

1. Ausgangslage 2. Problemstellung 3. Zielsetzung 4. Grundlagen 5. Vorgehen 6. Resultate 7. Ausblick

## Matlab



Eigenschaften des Binärbildes berechnen

SAR

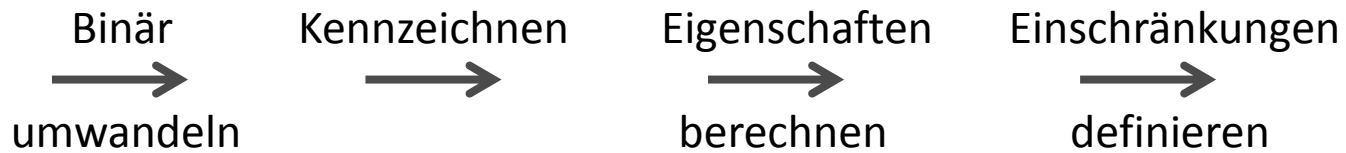
```
Eigenschaften = regionprops(Bild, 'Area', 'MajorAxisLength',  
'MinorAxisLength');
```

Spalten

# Bildanalyse

1. Ausgangslage   2. Problemstellung   3. Zielsetzung   4. Grundlagen   5. Vorgehen   6. Resultate   7. Ausblick

## Matlab



### Einschränkungen definieren

1. Maximale Grösse -> 100'000 Pixel
2. Minimale Grösse -> 100 Pixel
3. Verhältnis zwischen Länge zu Breite -> 2 zu 1

SAR

Spalten

# Bildanalyse

1. Ausganglage

2. Problemstellung

3. Zielsetzung

4. Grundlagen

5. Vorgehen

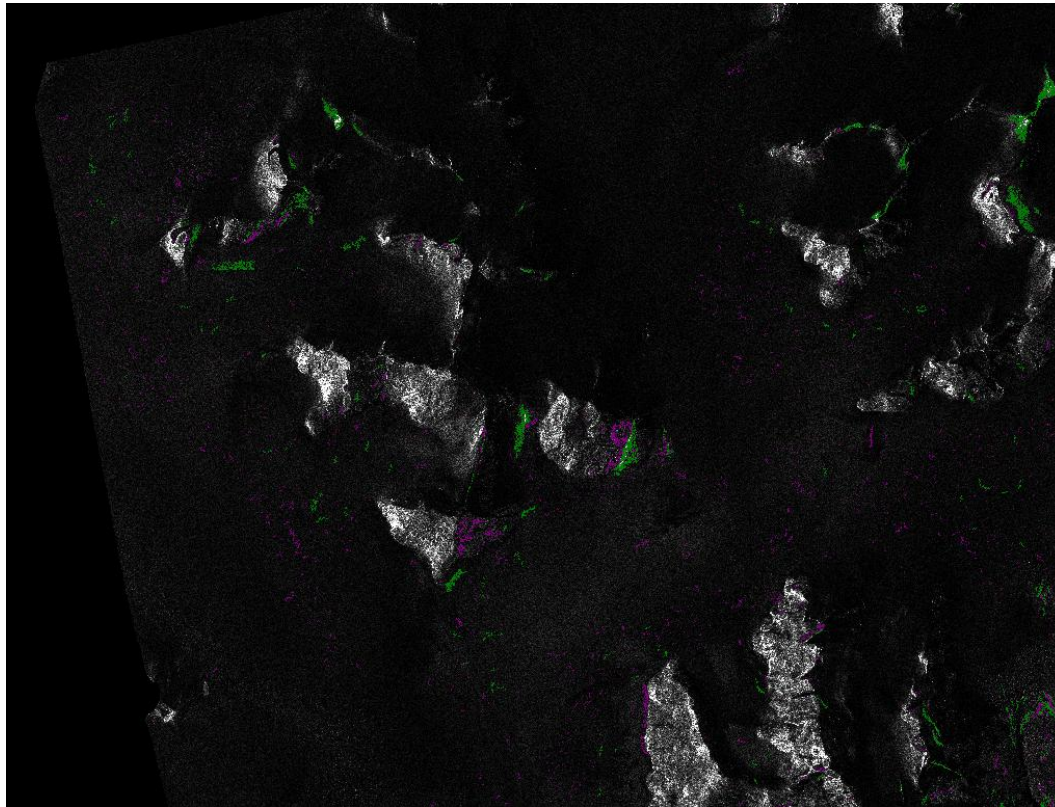
6. Resultate

7. Ausblick

## Matlab

Spalten

SAR



Spalten



# Bildanalyse

1. Ausgangslage

2. Problemstellung

3. Zielsetzung

4. Grundlagen

5. Vorgehen

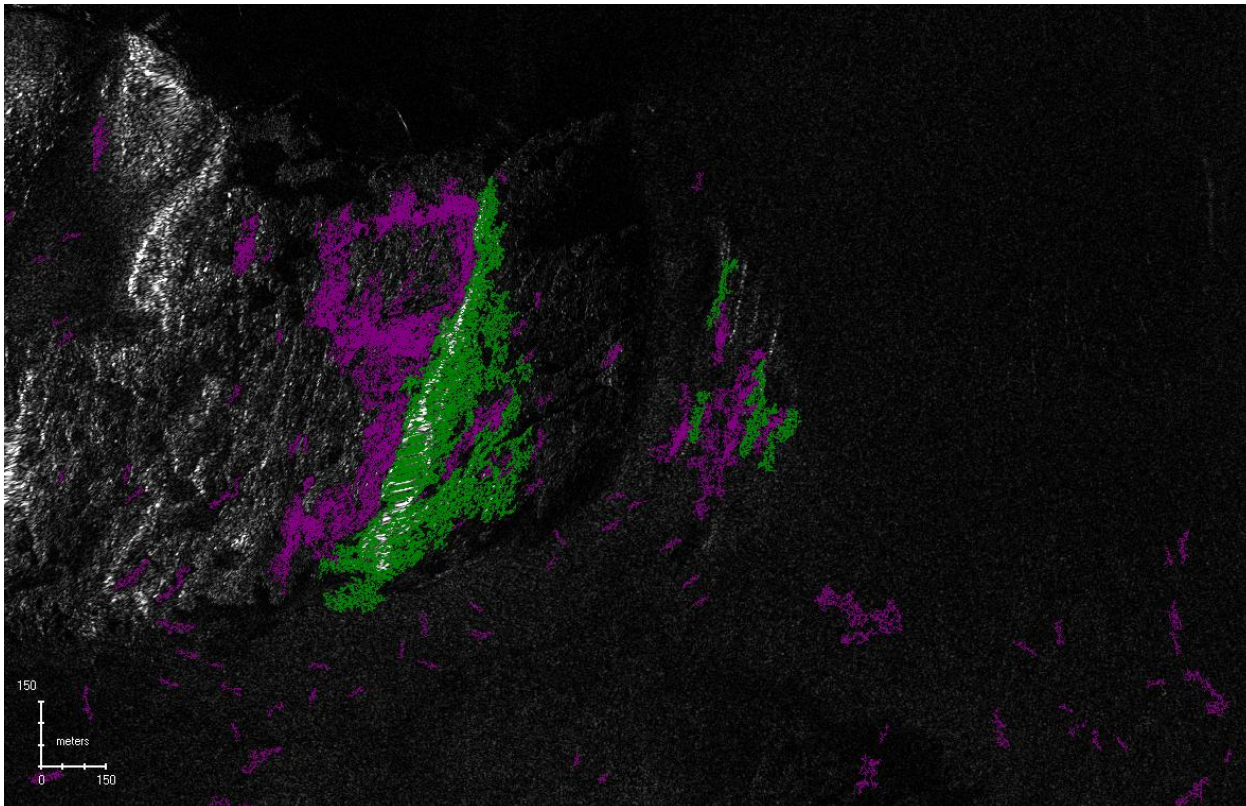
6. Resultate

7. Ausblick

## Matlab

### Spalten Detailausschnitt

SAR



Spalten

# Bildanalyse

1. Ausgangslage    2. Problemstellung    3. Zielsetzung    4. Grundlagen    5. Vorgehen    6. Resultate    7. Ausblick

## Berge und Gletscher separieren

- Grund: Spalteneigenschaften ähnlich zu Kanten im Gebirge
- Landcover von USGS
  - Ungenügende Auflösung und Abdeckung
  - Nur USA
- Topografischen Karte von USGS
  - Schwierigkeiten mit der Trennung von Farbwerten
  - Verschiedene Kartentypen USA - Canada
- Höhenmodell
  - Neigung berechnen => Gletscher





# Bildanalyse

1. Ausgangslage

2. Problemstellung

3. Zielsetzung

4. Grundlagen

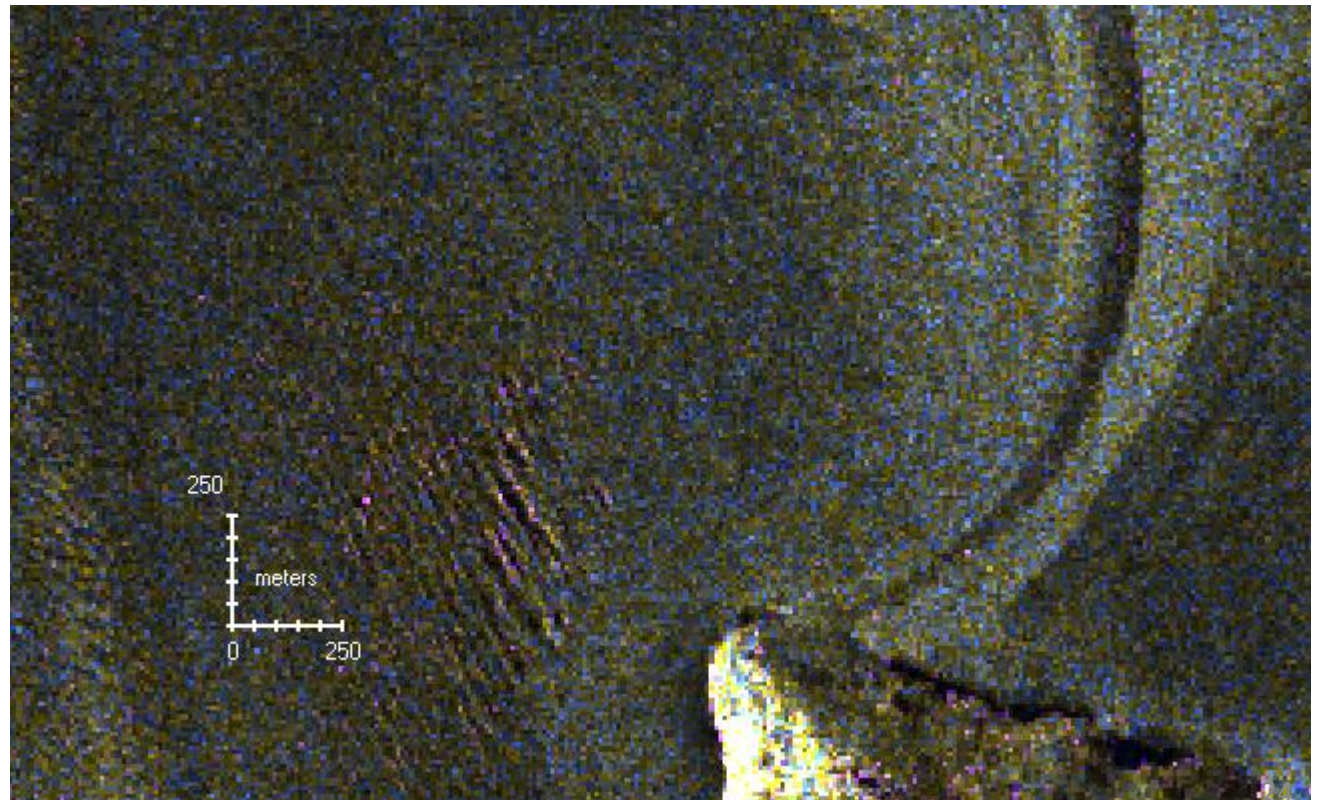
5. Vorgehen

6. Resultate

7. Ausblick

## Auxiliary Raster

- Pixel im Bild markiert
  - Shadow
  - Layover

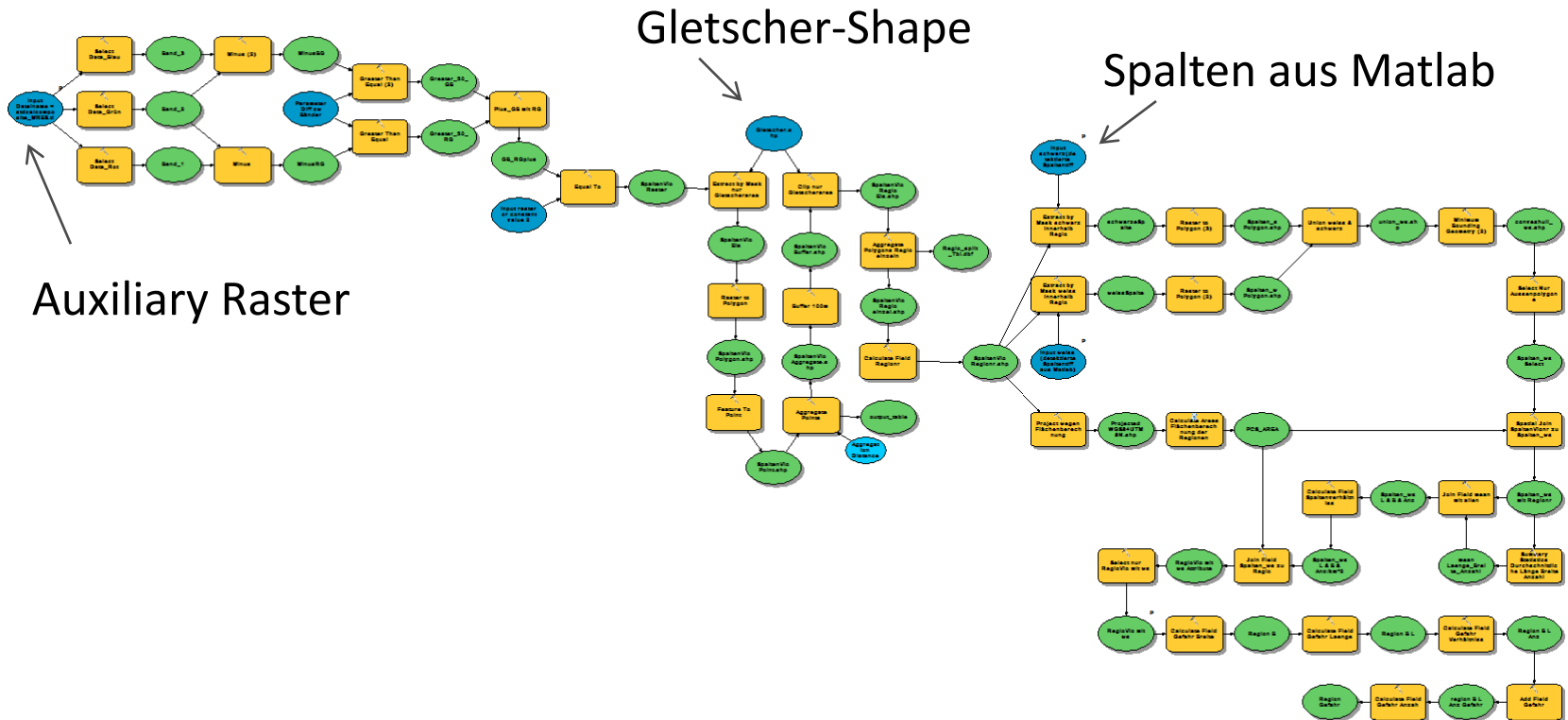




# Bildanalyse

1. Ausgangslage    2. Problemstellung    3. Zielsetzung    4. Grundlagen    5. Vorgehen    6. Resultate    7. Ausblick

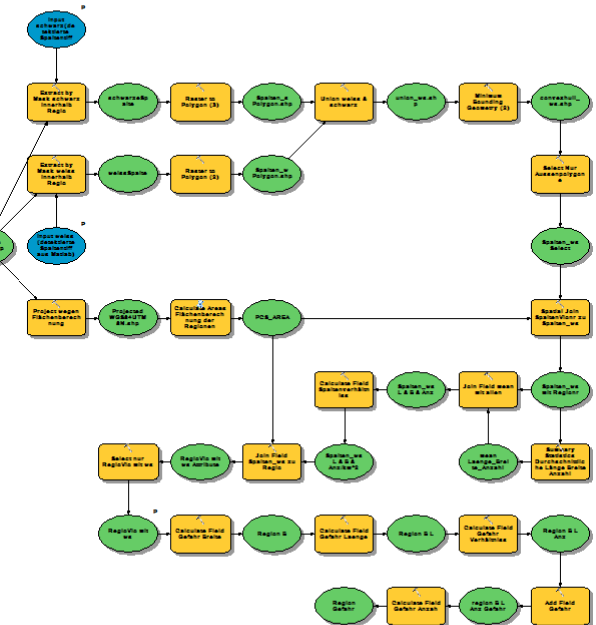
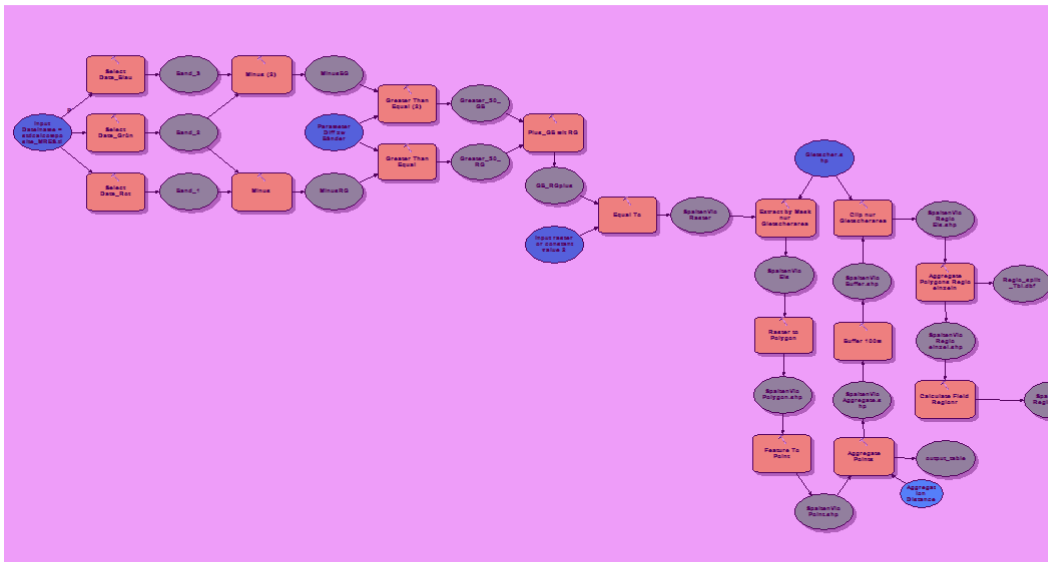
## ArcGIS Modelbuilder



# Bildanalyse

1. Ausgangslage    2. Problemstellung    3. Zielsetzung    4. Grundlagen    5. Vorgehen    6. Resultate    7. Ausblick

## ArcGIS



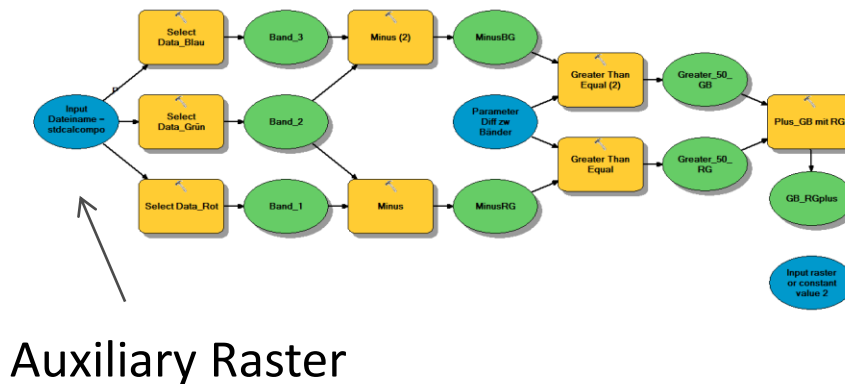
### 1. Spaltenregionen bilden

# Bildanalyse

1. Ausgangslage 2. Problemstellung 3. Zielsetzung 4. Grundlagen 5. Vorgehen 6. Resultate 7. Ausblick

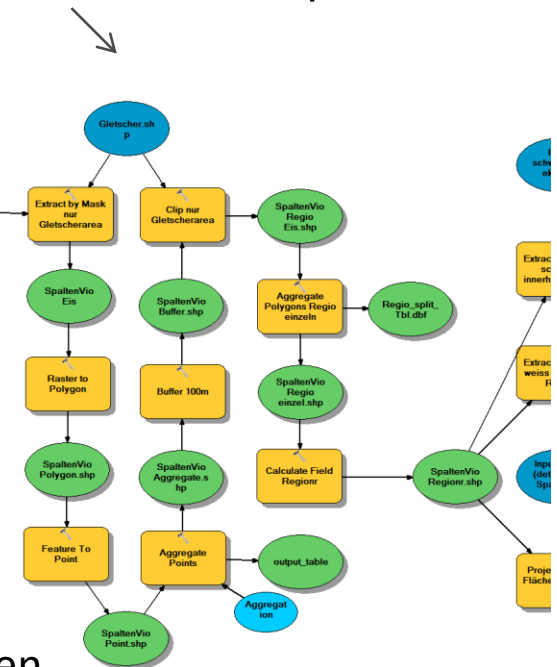
## ArcGIS, Spaltenregionen bilden

Violette Punkte separieren



Gletscher-Shape

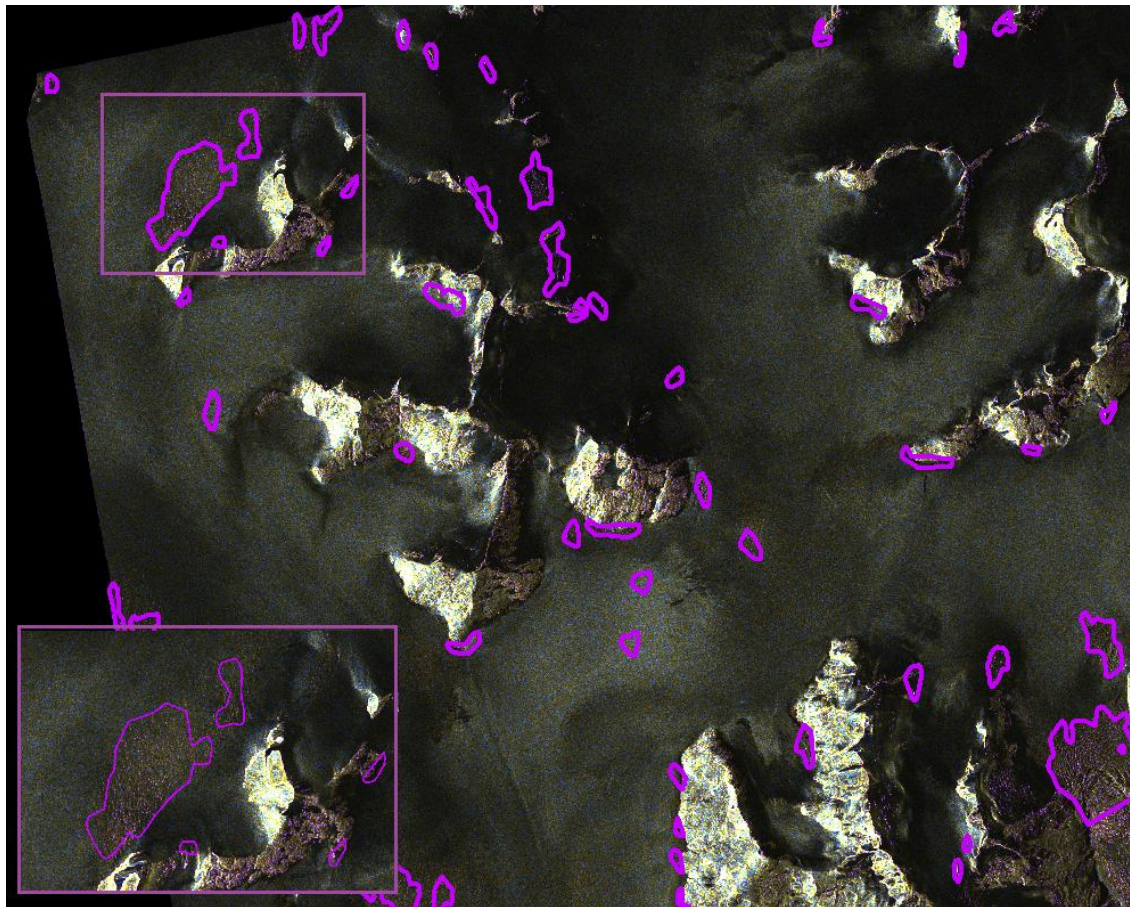
Nahe Punkte zu Polygonen verbinden



# Bildanalyse

1. Ausganglage    2. Problemstellung    3. Zielsetzung    4. Grundlagen    5. Vorgehen    6. Resultate    7. Ausblick

## ArcGIS, Spaltenregionen bilden

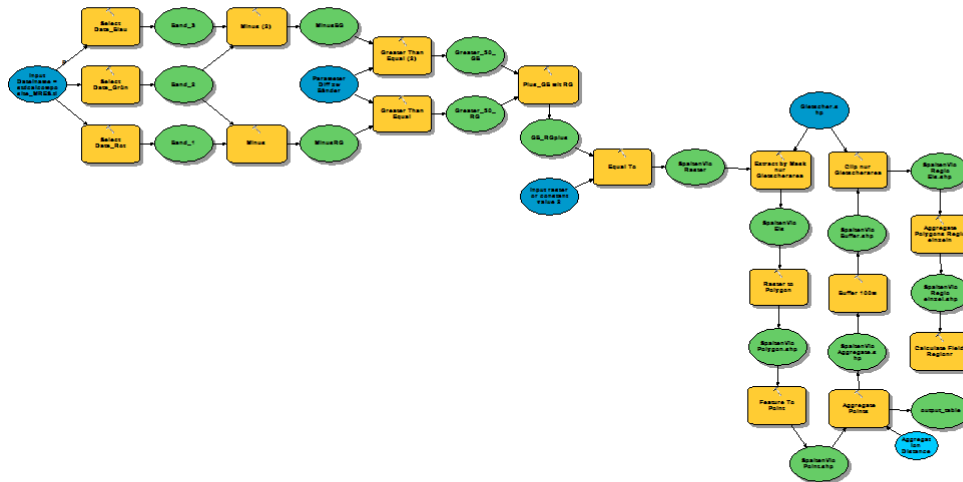




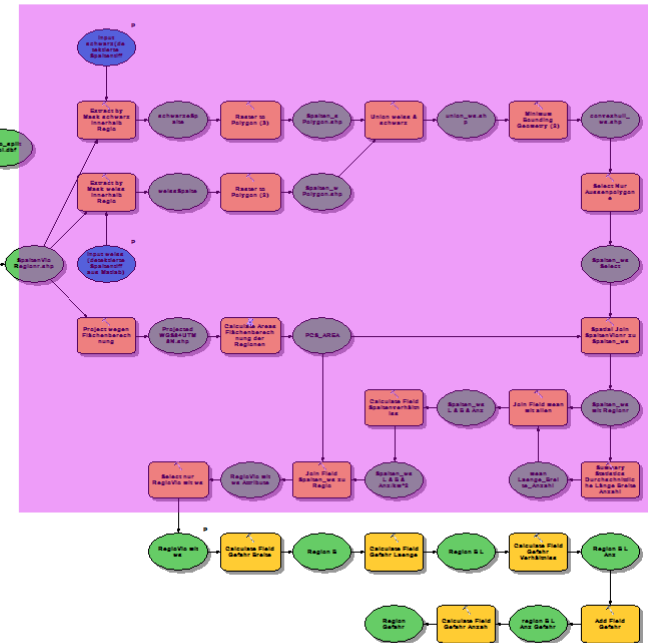
# Bildanalyse

1. Ausgangslage
2. Problemstellung
3. Zielsetzung
4. Grundlagen
5. Vorgehen
6. Resultate
7. Ausblick

## ArcGIS



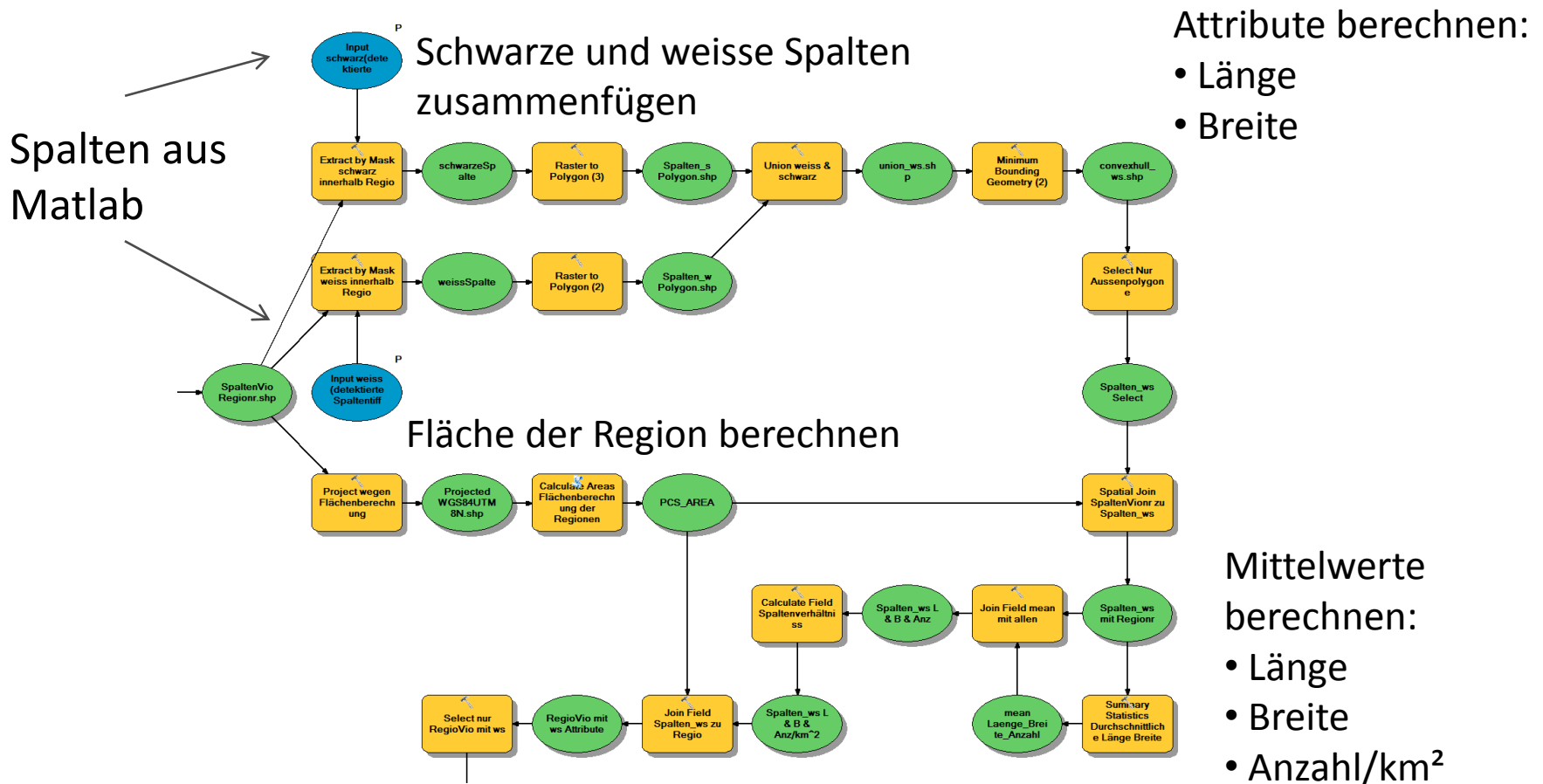
## 2. Spaltenattribute berechnen



# Bildanalyse

1. Ausgangslage 2. Problemstellung 3. Zielsetzung 4. Grundlagen 5. Vorgehen 6. Resultate 7. Ausblick

## ArcGIS, Spaltenattribute berechnen





# Bildanalyse

- 1. Ausgangslage
- 2. Problemstellung
- 3. Zielsetzung
- 4. Grundlagen
- 5. Vorgehen
- 6. Resultate
- 7. Ausblick

## 1. Ausgangslage

## 2. Problemstellung

### 3. Zielsetzung

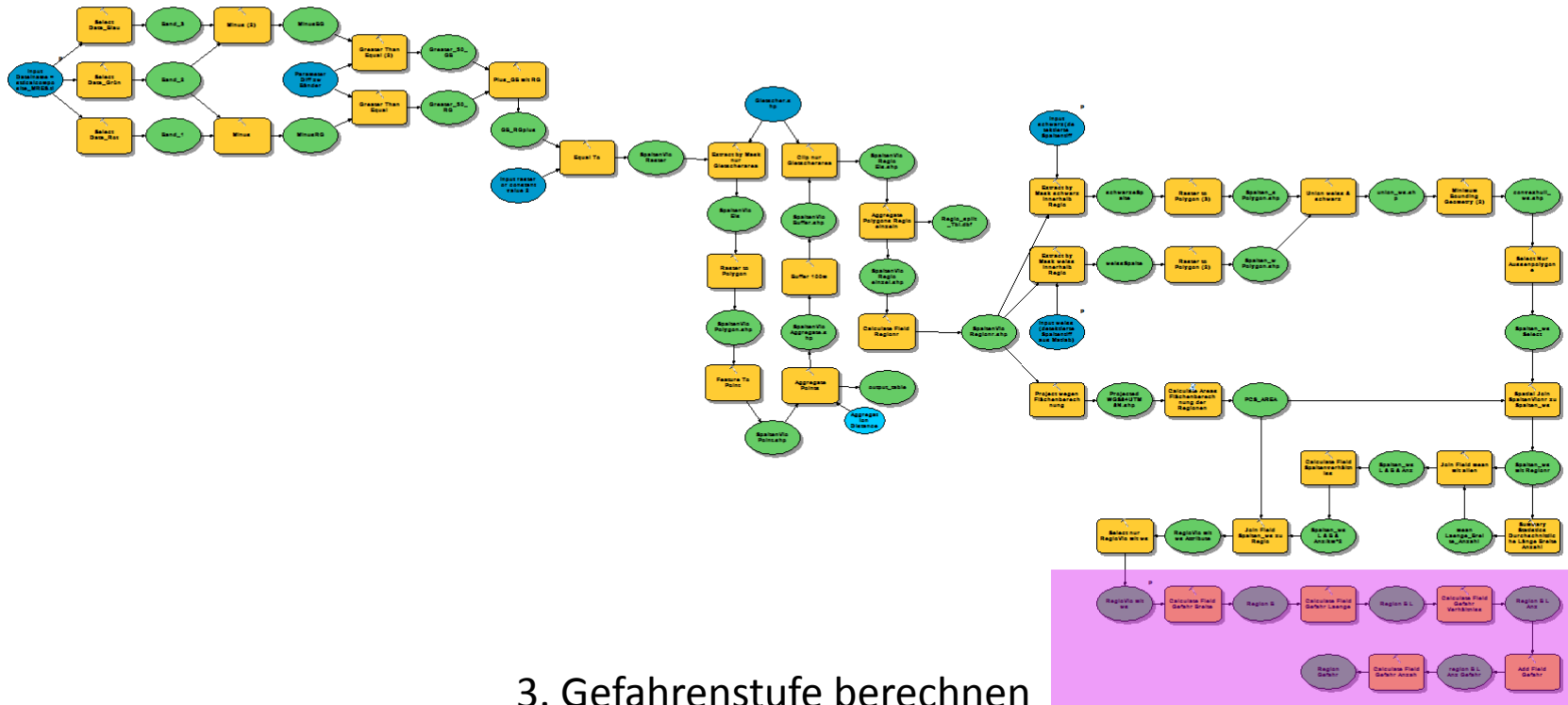
## 4. Grundlagen

## 5. Vorgehen

## 6. Resultate

## 7. Ausblick

# ArcGIS



# Bildanalyse

1. Ausgangslage 2. Problemstellung 3. Zielsetzung 4. Grundlagen 5. Vorgehen 6. Resultate 7. Ausblick

## ArcGIS, Gefahrenstufe berechnen

### Breite:

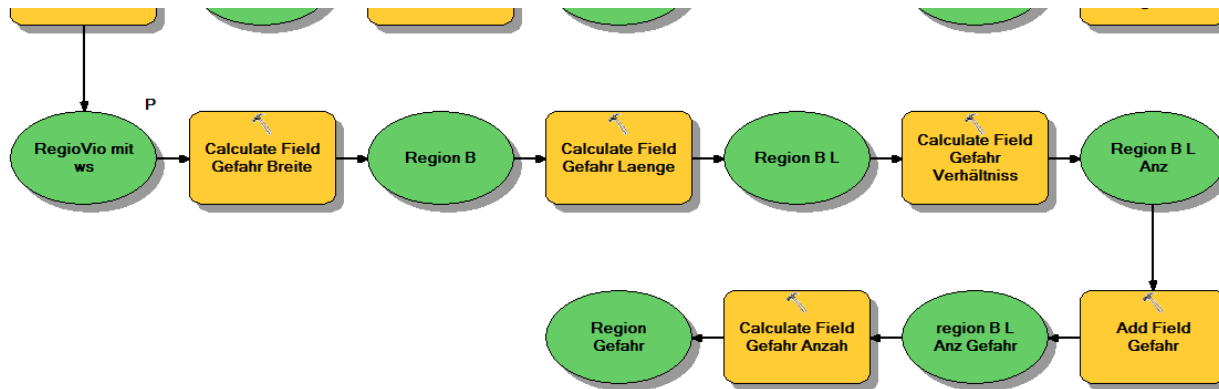
- von 0 - 7 m => 0
- von 7 - 15 m => 1
- von 15 - .. m => 2

### Länge:

- von 0 - 10 m => 0
- von 10 - 20 m => 1
- von 20 - .. m => 2

### Anzahl pro km<sup>2</sup>:

- von 0 - 100 => 0
- von 100 - 1'000 => 1
- von 1'000 - .. => 2



### Gefahr:

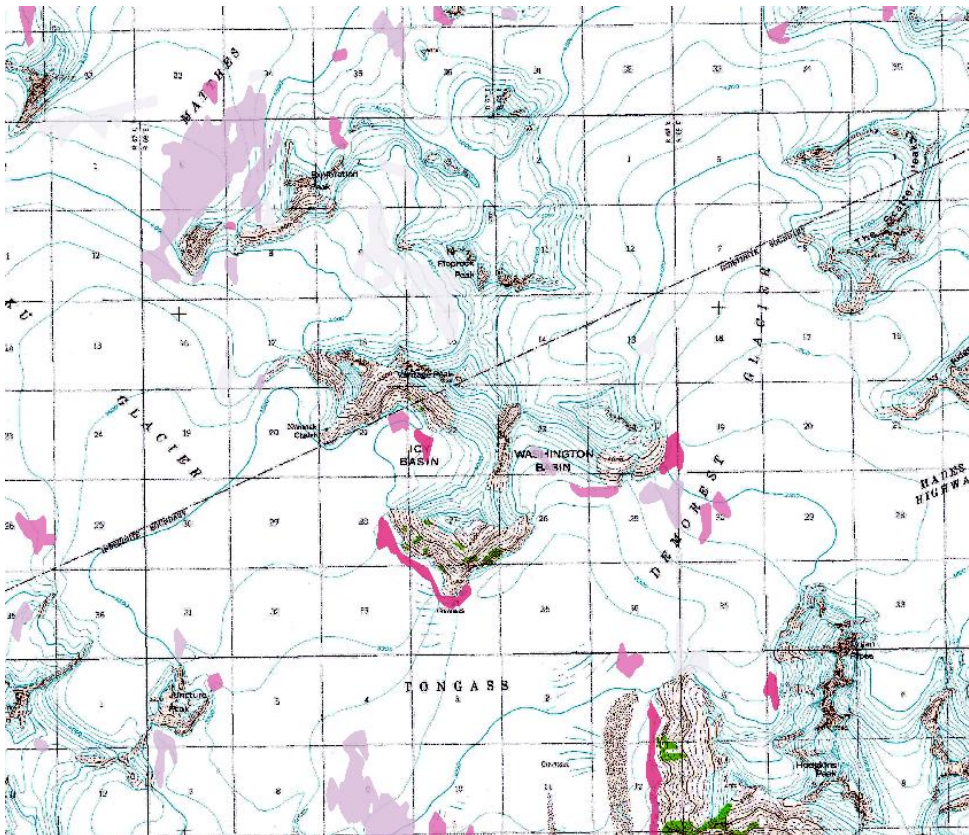
$$2 * \text{Breite} + \text{Länge} + 2 * \text{Anzahl/km}^2$$



# Bildanalyse

1. Ausgangslage   2. Problemstellung   3. Zielsetzung   4. Grundlagen   5. Vorgehen   6. Resultate   7. Ausblick

## ArcGIS



## Legende Gefahrenstufen

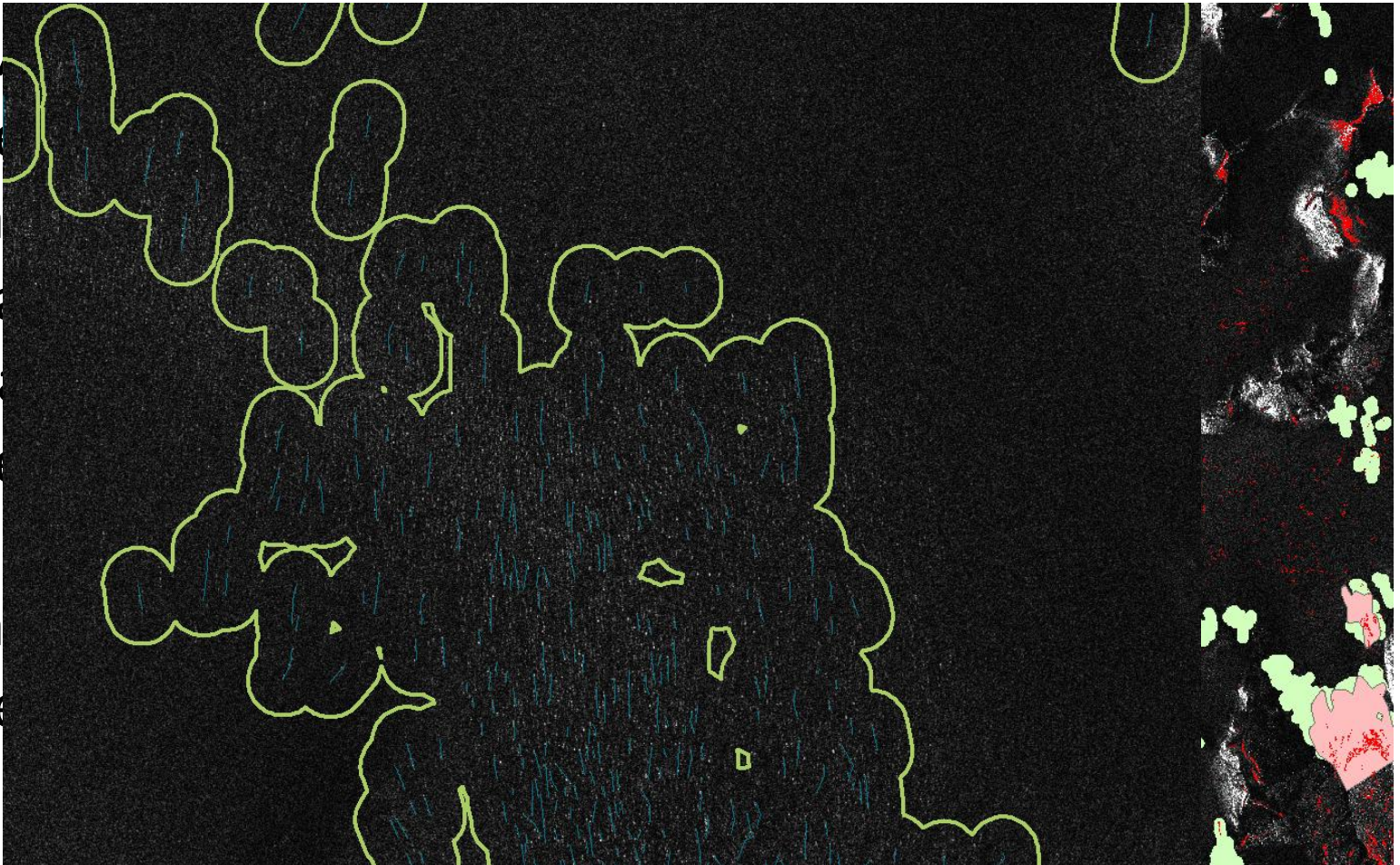
0 – 1 Punkt		1 gering
2 – 3 Punkte		2 mässig
4 – 6 Punkte		3 erheblich
7 – 8 Punkte		4 gross
9 – 10 Punkte		5 sehr gross



# Kontrolle – Manuell detektiert

1. Ausgangslage 2. Problemstellung 3. Zielsetzung 4. Grundlagen 5. Vorgehen 6. Resultate 7. Ausblick

**Grün:** Manuell  
detektierte  
Spalten  
**Rot:** Spalten  
dem Manuell  
detektierten  
**Rosa:**  
Spalten  
Endergebnis



# Kontrolle – Asc zu Desc

1. Ausgangslage

2. Problemstellung

3. Zielsetzung

4. Grundlagen

5. Vorgehen

6. Resultate

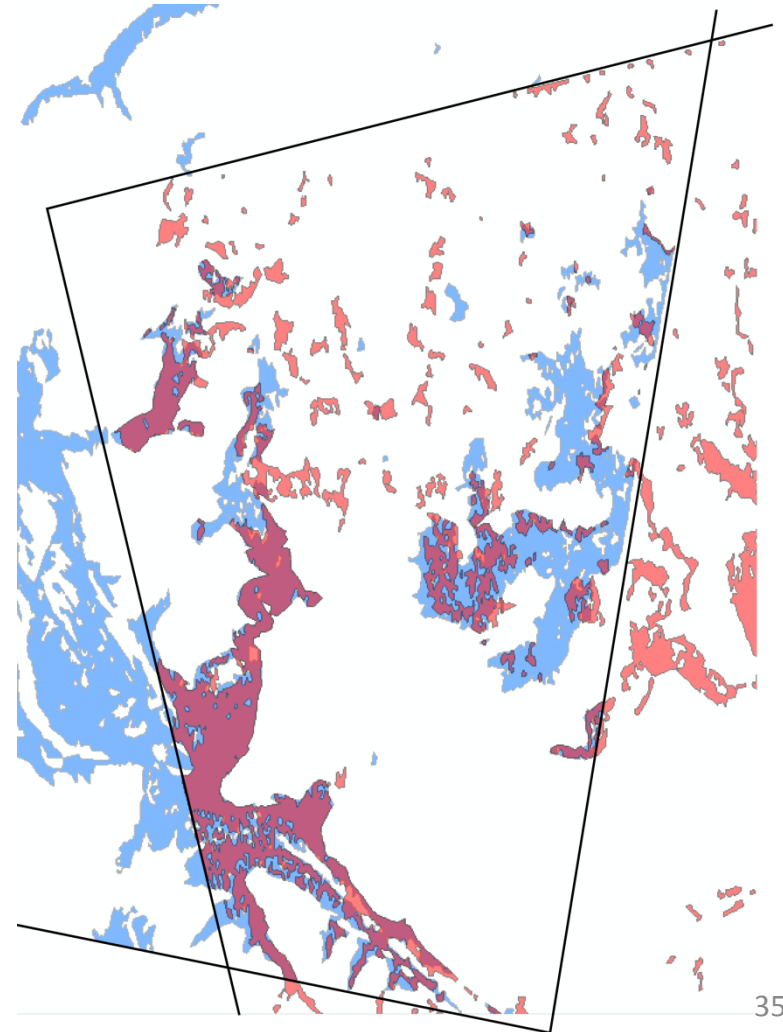
7. Ausblick

**Rot:** Ascending

**Blau:** Descending

**Violett:** Gleich detektierte  
Spaltenregionen

- Zeitunterschied
  - Desc 7.7.2011
  - Asc 24.7.2011
- Incidence angle
  - Desc 31.1°
  - Asc 24.1°
- Spaltenausrichtung







# Karte

1. Ausgangslage   2. Problemstellung   3. Zielsetzung   4. Grundlagen   5. Vorgehen   **6. Resultate**   7. Ausblick

## 1. Ausgangslage

## 2. Problemstellung

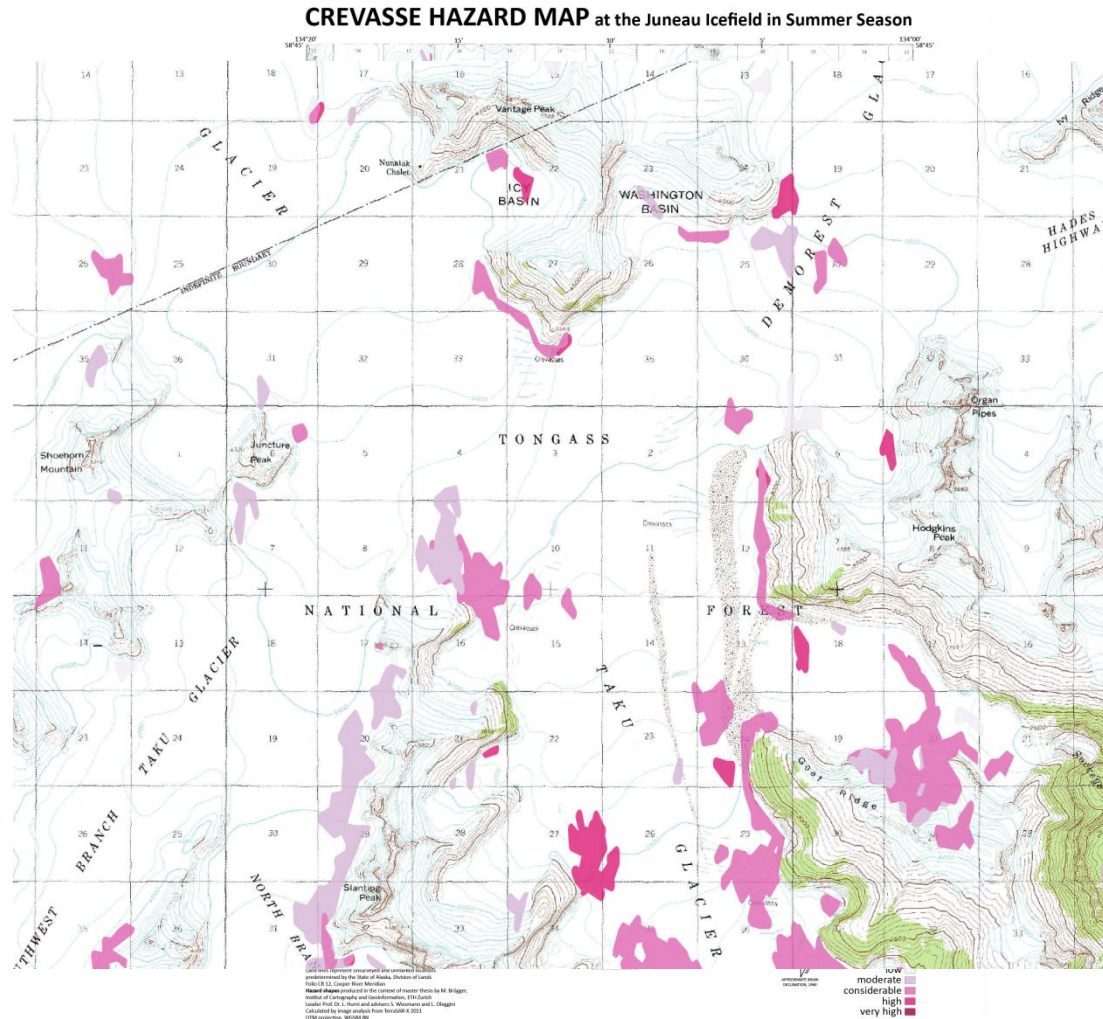
### 3. Zielsetzung

## 4. Grundlagen

## 5. Vorgehen

## 6. Resultate

## 7. Ausblick



# Fazit

1. Ausganglage   2. Problemstellung   3. Zielsetzung   4. Grundlagen   5. Vorgehen   6. Resultate   7. Ausblick

- Automatisierung
  - Matlabcode und Filenamen müssen eingegeben werden  
Berechnungen automatisch
  - Toolbox von ArcGIS muss gestartet und Filenamen eingegeben werden
  - Gestaltung der Basiskarte manuell
- Gefahrenzonen
  - In der Karte klar ersichtlich und verständlich
  - Mit Unsicherheit behaftet

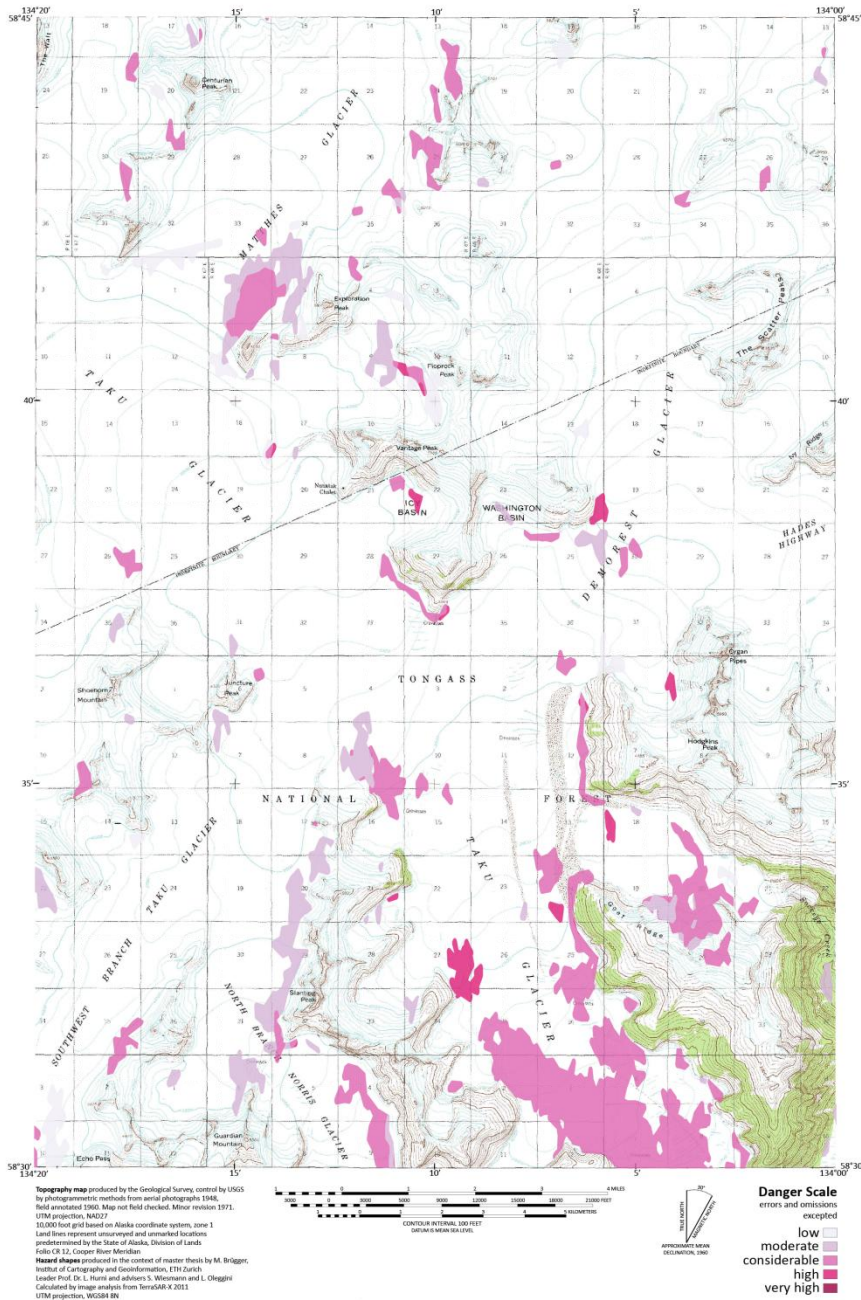
# Ausblick

1. Ausgangslage   2. Problemstellung   3. Zielsetzung   4. Grundlagen   5. Vorgehen   6. Resultate   7. Ausblick

- Gesamtübersicht des Juneau Icefield mit Landsat als Basiskarte
- Vergleich mit Expertenmeinung
- Routenoptimierung berechnen
- SAR-Aufnahmen als Basiskarte
- Gefahrenlayer in GoogleEarth einbauen



## CREVASSE HAZARD MAP at the Juneau Icefield in Summer Season



Vielen Dank für  
Ihre  
Aufmerksamkeit

Für Fragen stehe ich gerne zur  
Verfügung