



# 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

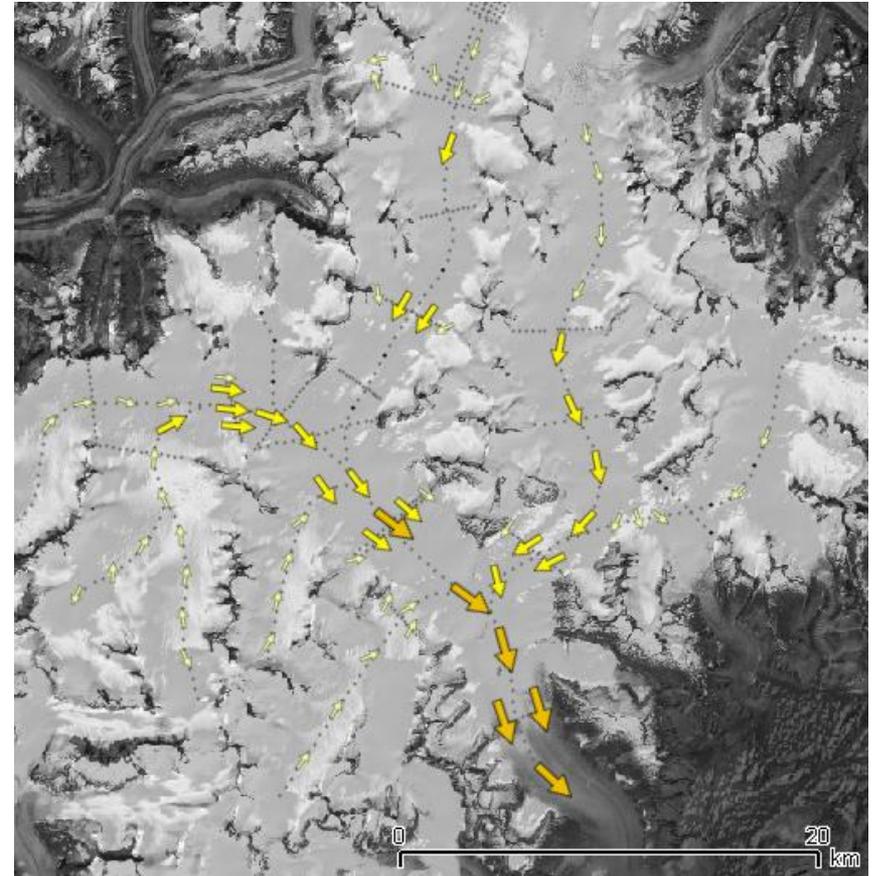
5. Vorgehen

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**

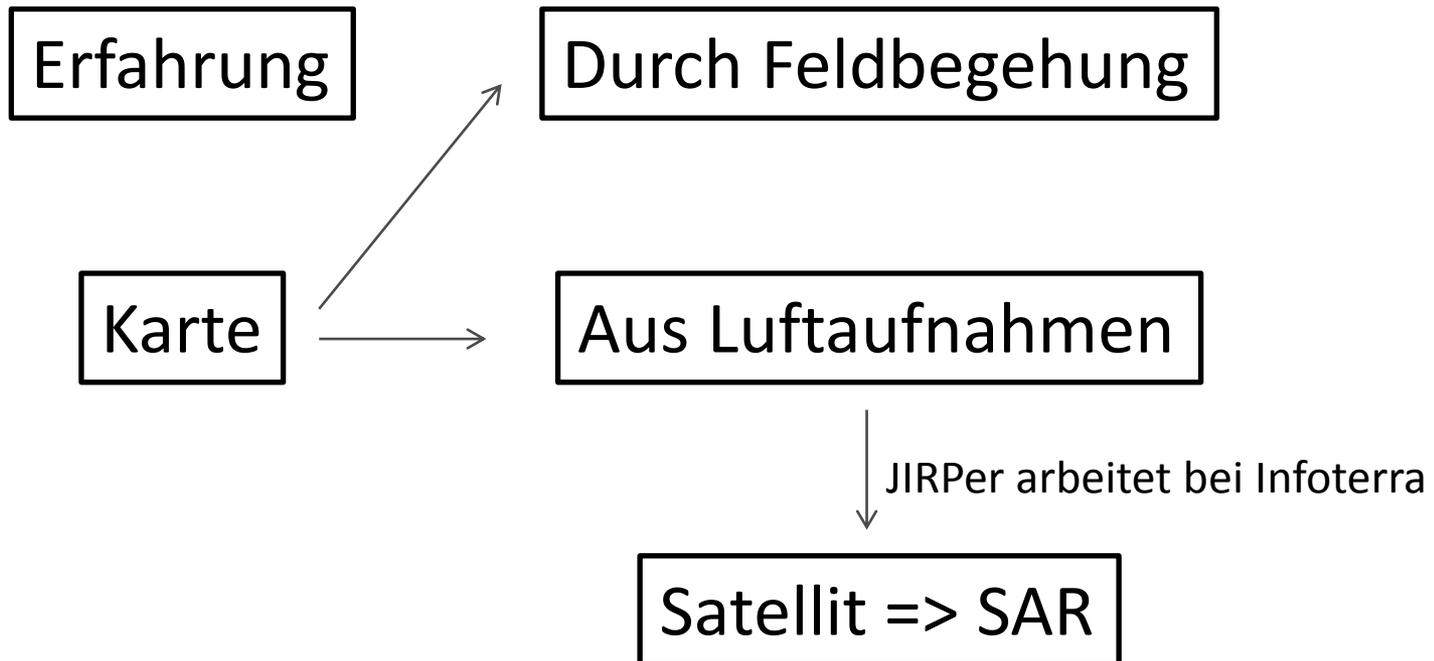
- Wetter (Sonne, Nebel)
- Tiere (Bären)
- Steinschlag
- Lawinen
- Gletscherspalten

# Problemstellung

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

## Gletscherspalten

Gefahrumgehung durch:



# Problemstellung

1. Ausgangslage

2. Problemstellung

3. Zielsetzung

4. Grundlagen

5. Vorgehen

6. Resultate

7. Ausblick

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

# Zielsetzung

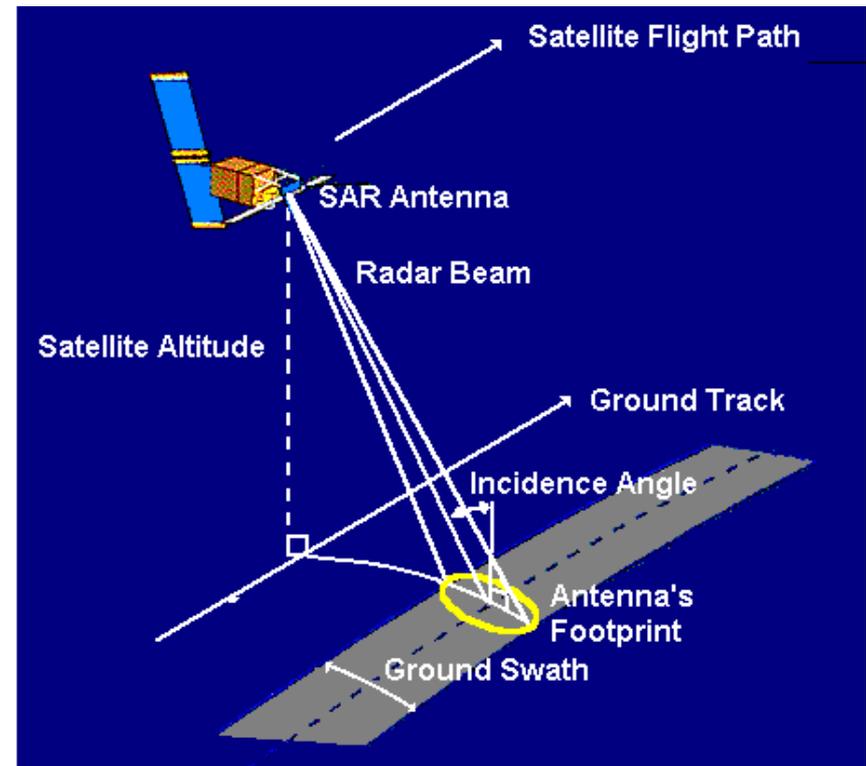
1. Ausgangslage 2. Problemstellung 3. Zielsetzung 4. Grundlagen 5. Vorgehen 6. Resultate 7. Ausblick

- 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

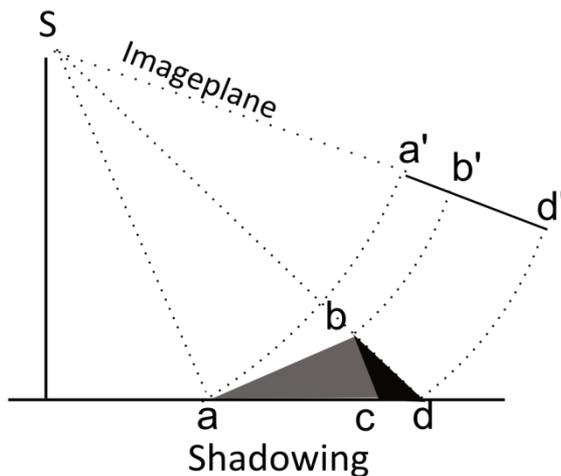
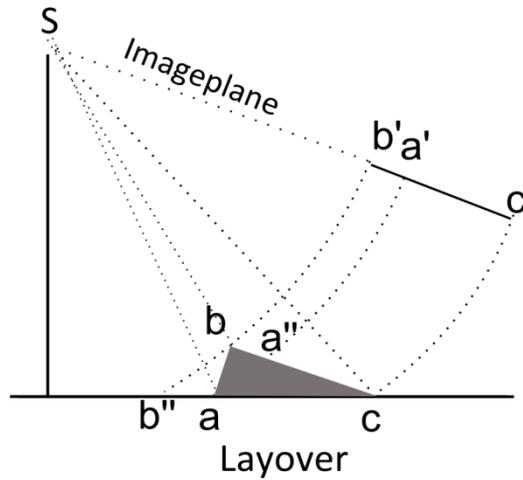
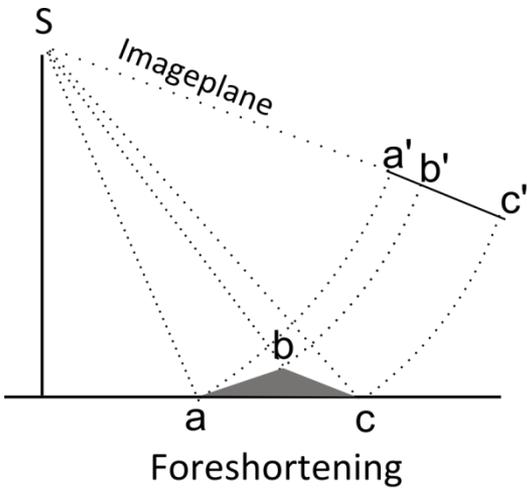
- Impulse gesendet
- Radarecho empfangen
- Gemessen wird die Laufzeit und Radarreflektivität (Intensität, Energie, Amplitude)



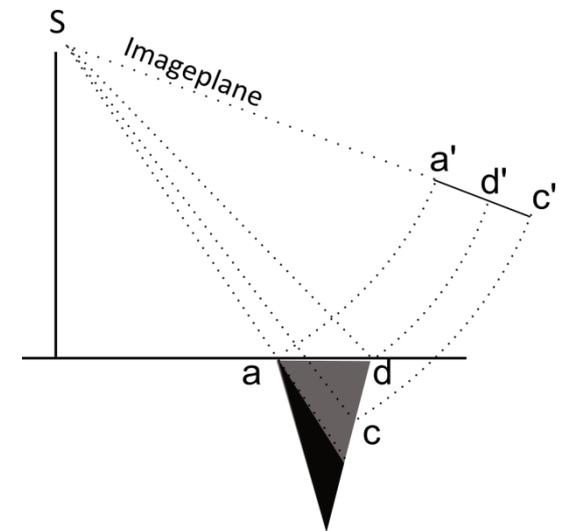
Quelle: [www.crisp.nus.edu.sg](http://www.crisp.nus.edu.sg)

# Synthetic Aperture Radar (SAR)

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



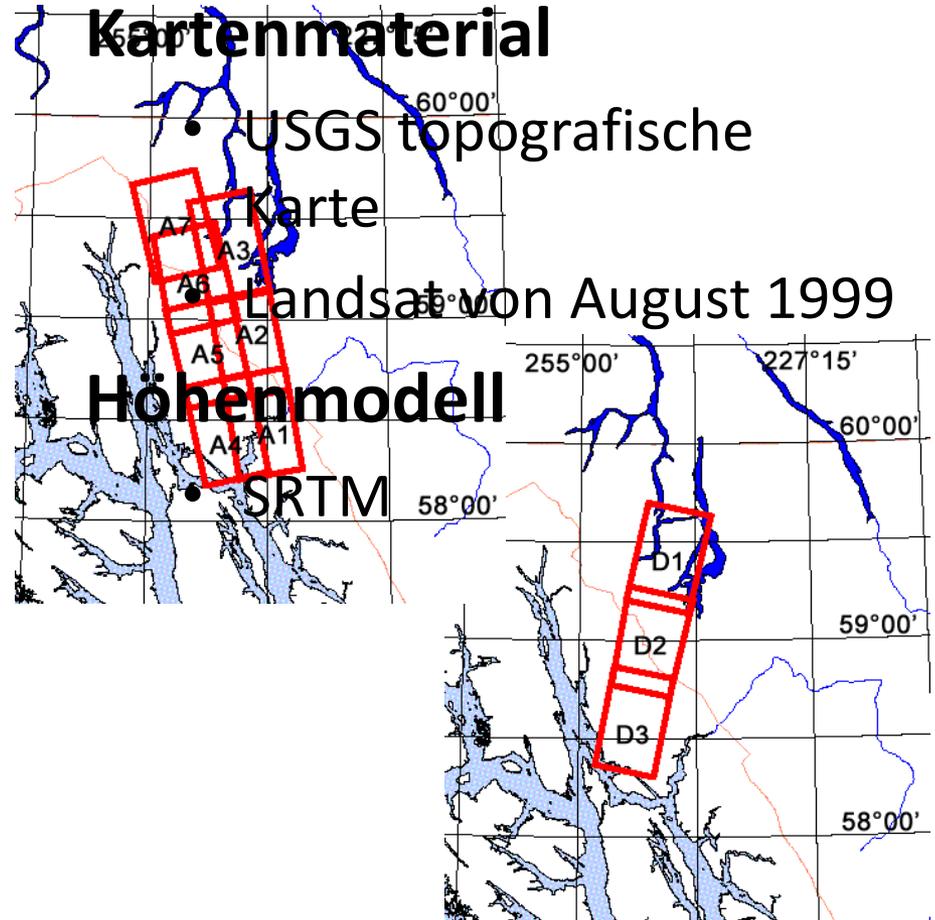
## Effekte an einer Gletscherspalte



# Daten

## TerraSAR-X

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

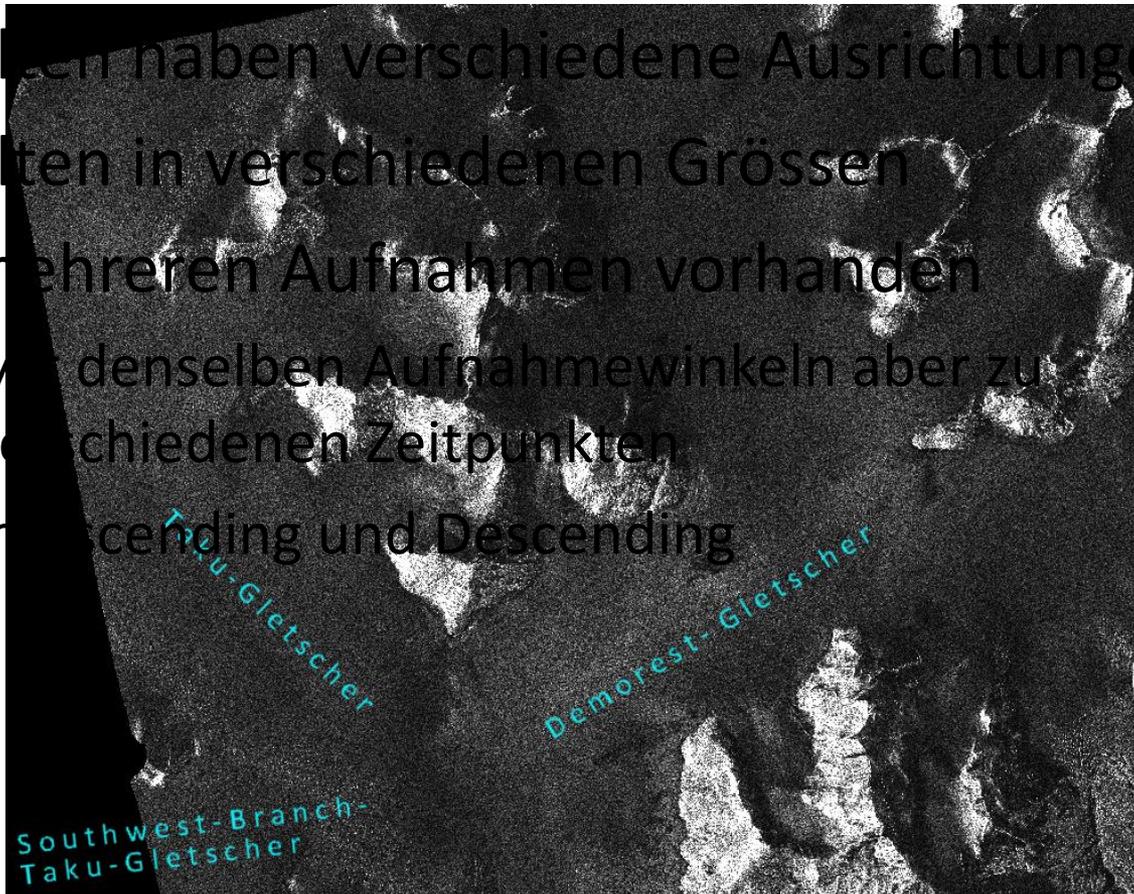


# Vorgehen

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

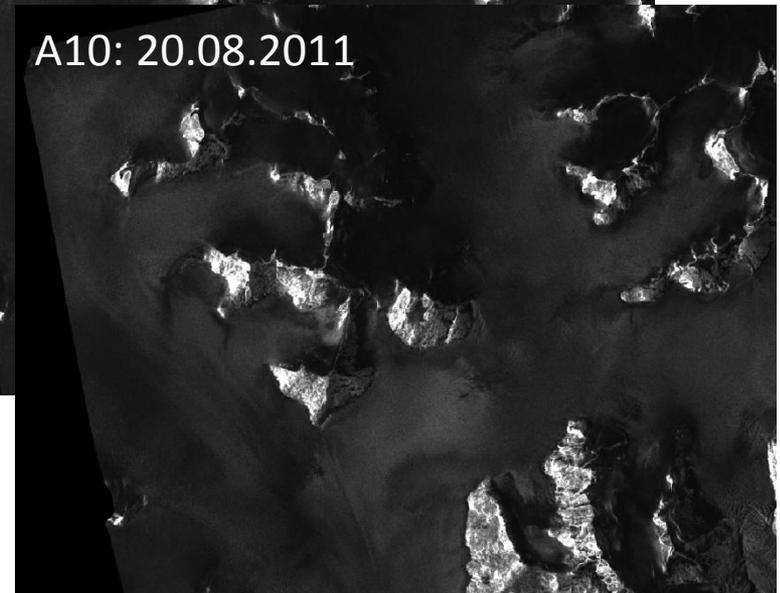
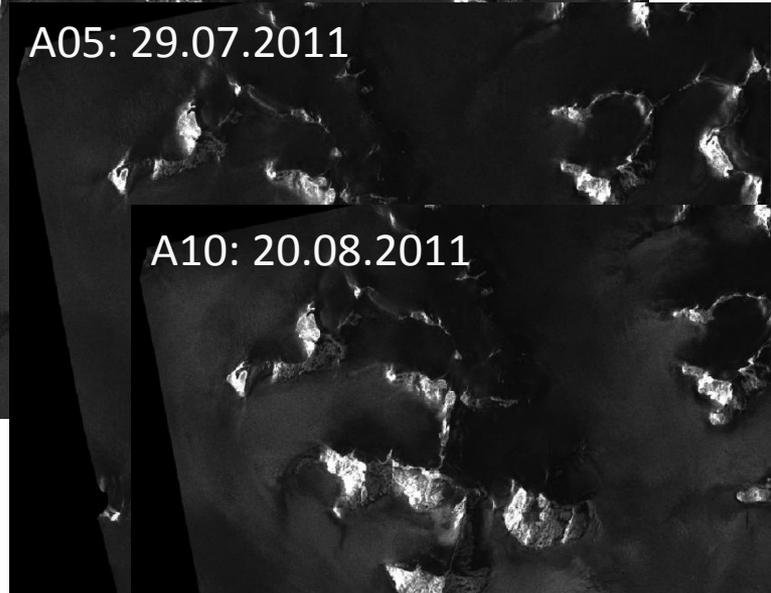


18 auf 15 km

# 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. Ausgangslage

2. Problemstellung

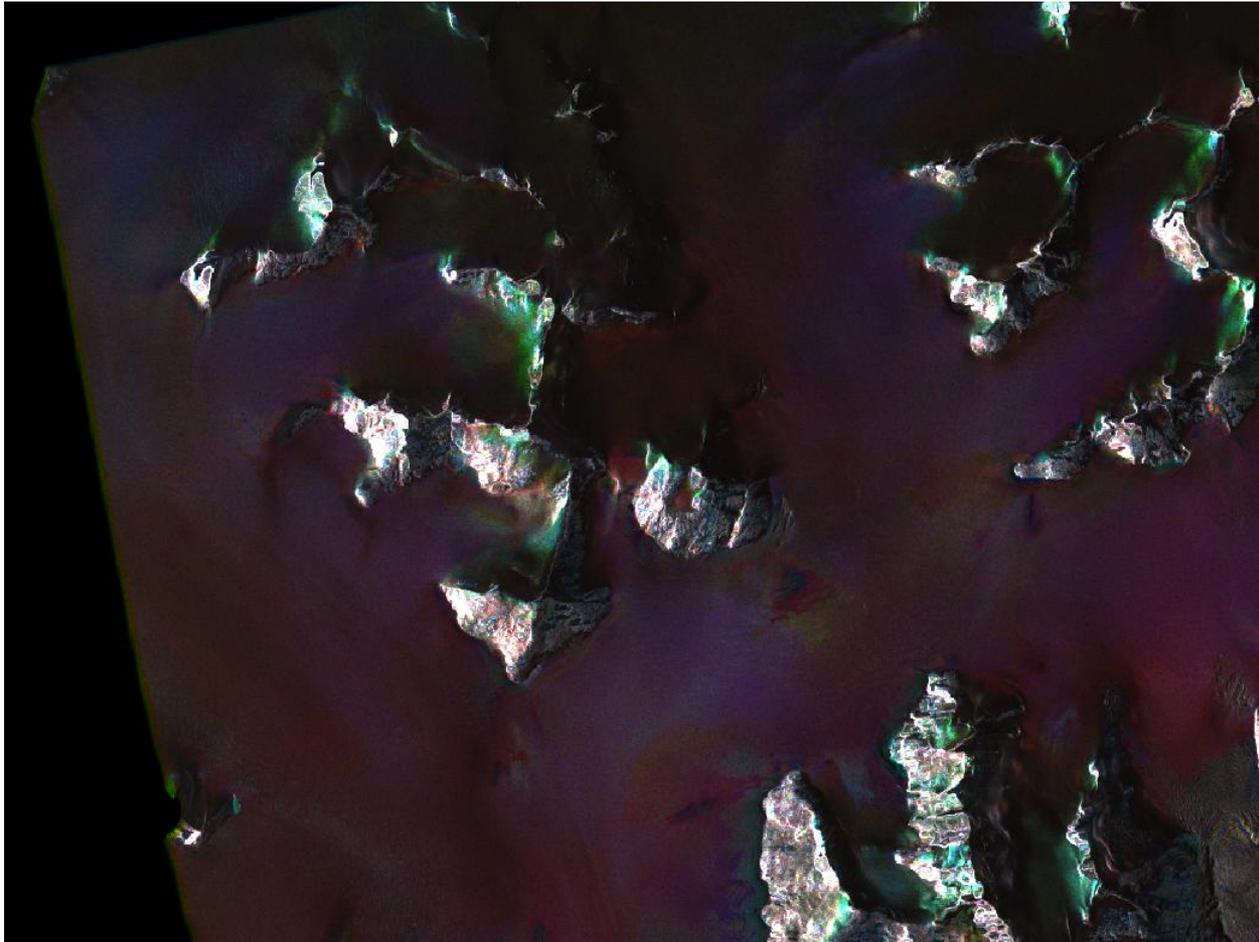
3. Zielsetzung

4. Grundlagen

5. Vorgehen

6. Resultate

7. Ausblick

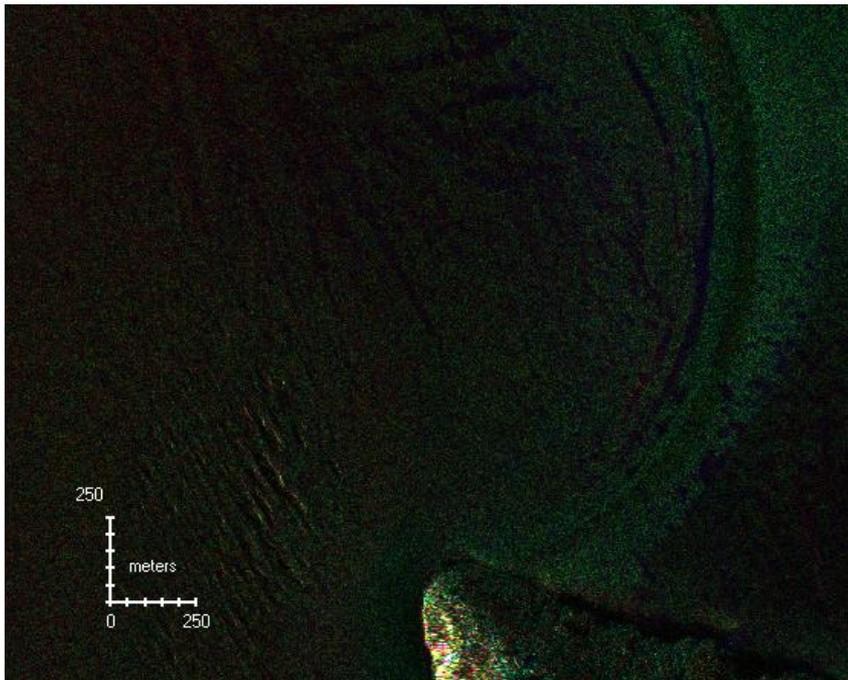


# Farbkomposition

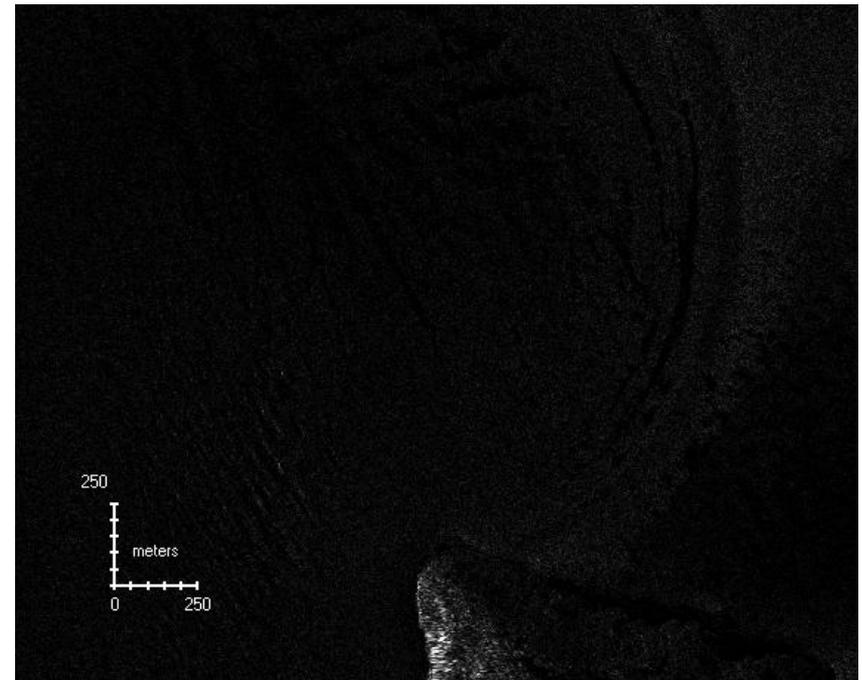
1. Ausganglage 2. Problemstellung 3. Zielsetzung 4. Grundlagen 5. Vorgehen 6. Resultate 7. Ausblick

## Detailausschnitt

Farbkomposition



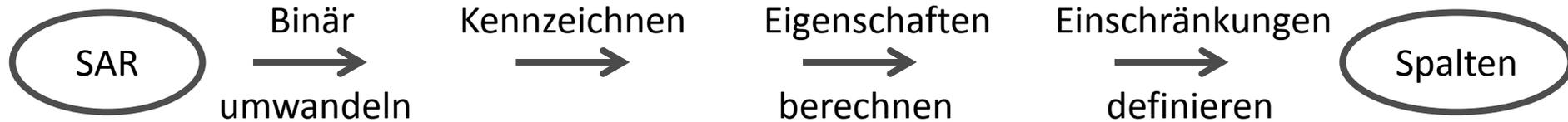
A05, original Ausschnitt



# Bildanalyse

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

## Matlab

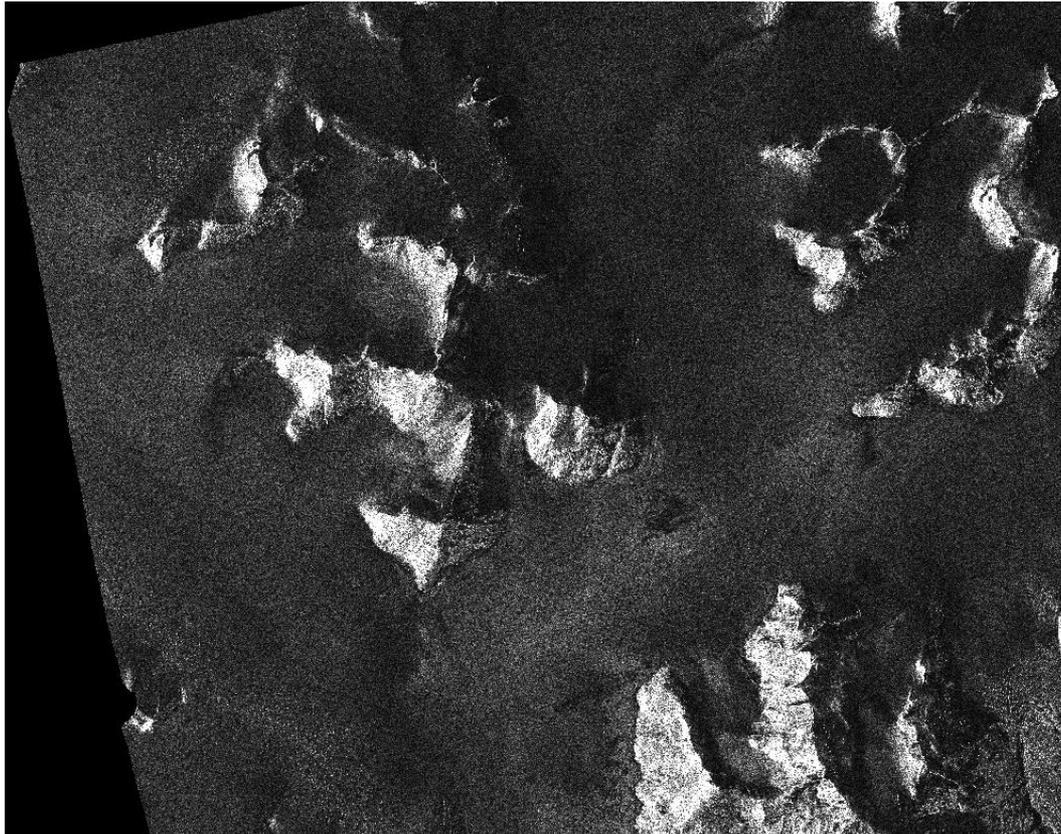


# Bildanalyse

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

## Matlab

SAR



SAR

Spalten

# Bildanalyse

1. Ausganglage   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



Kennzeichnen

SAR

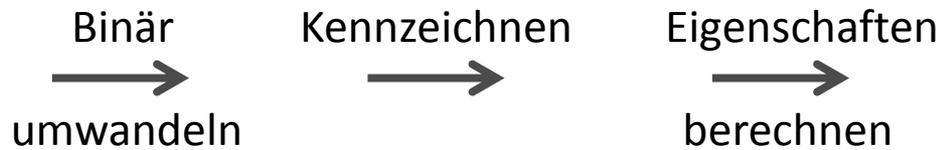


Spalten

# Bildanalyse

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

## Matlab



Eigenschaften des Binärbildes berechnen

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

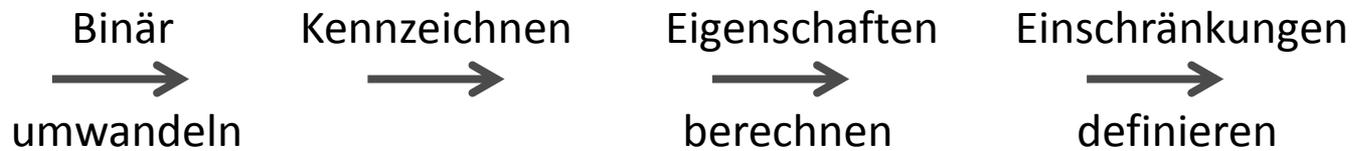
SAR

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. Ausgangslage

2. Problemstellung

3. Zielsetzung

4. Grundlagen

5. Vorgehen

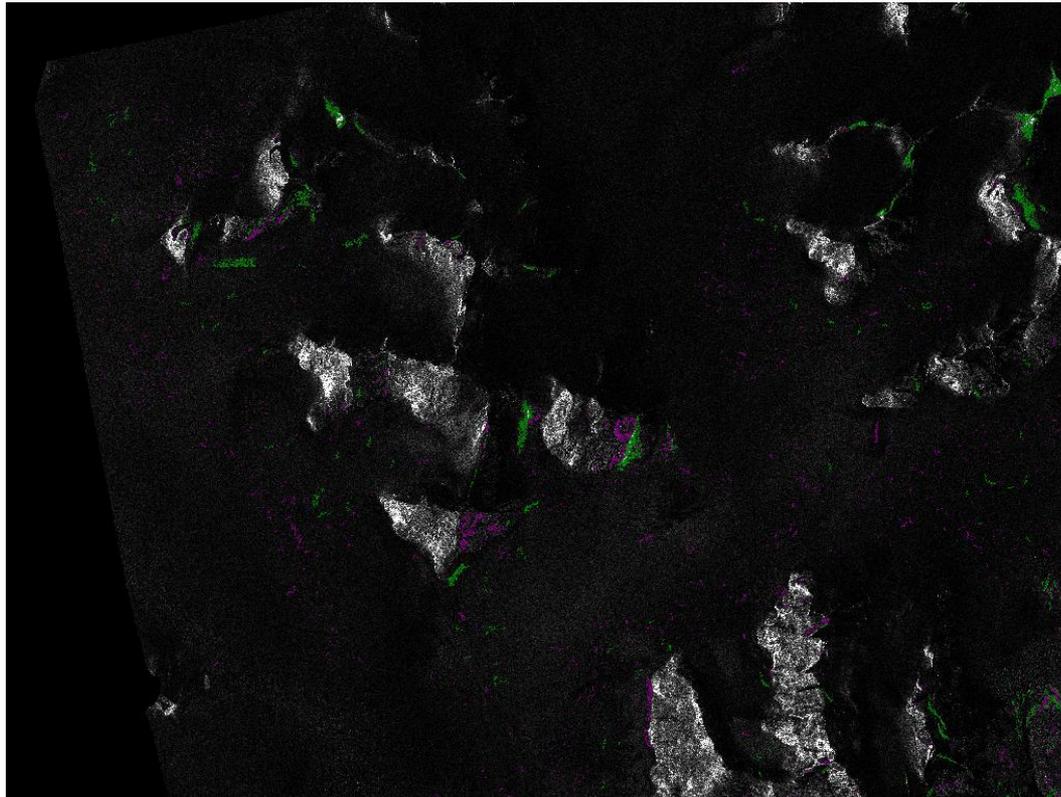
6. Resultate

7. Ausblick

## Matlab

Spalten

SAR



Spalten

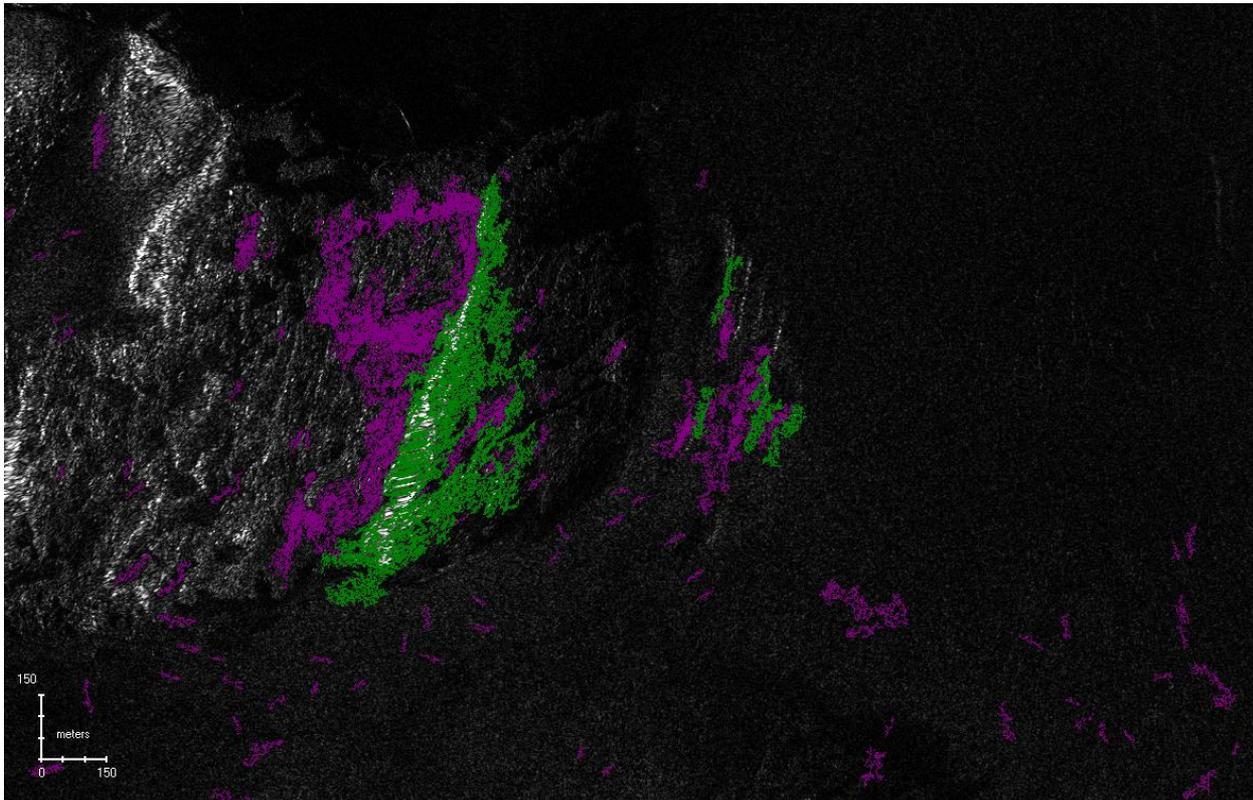
# Bildanalyse

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

## Matlab

### Spalten Detailausschnitt

SAR



Spalten

# Bildanalyse

1. Ausganglage 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

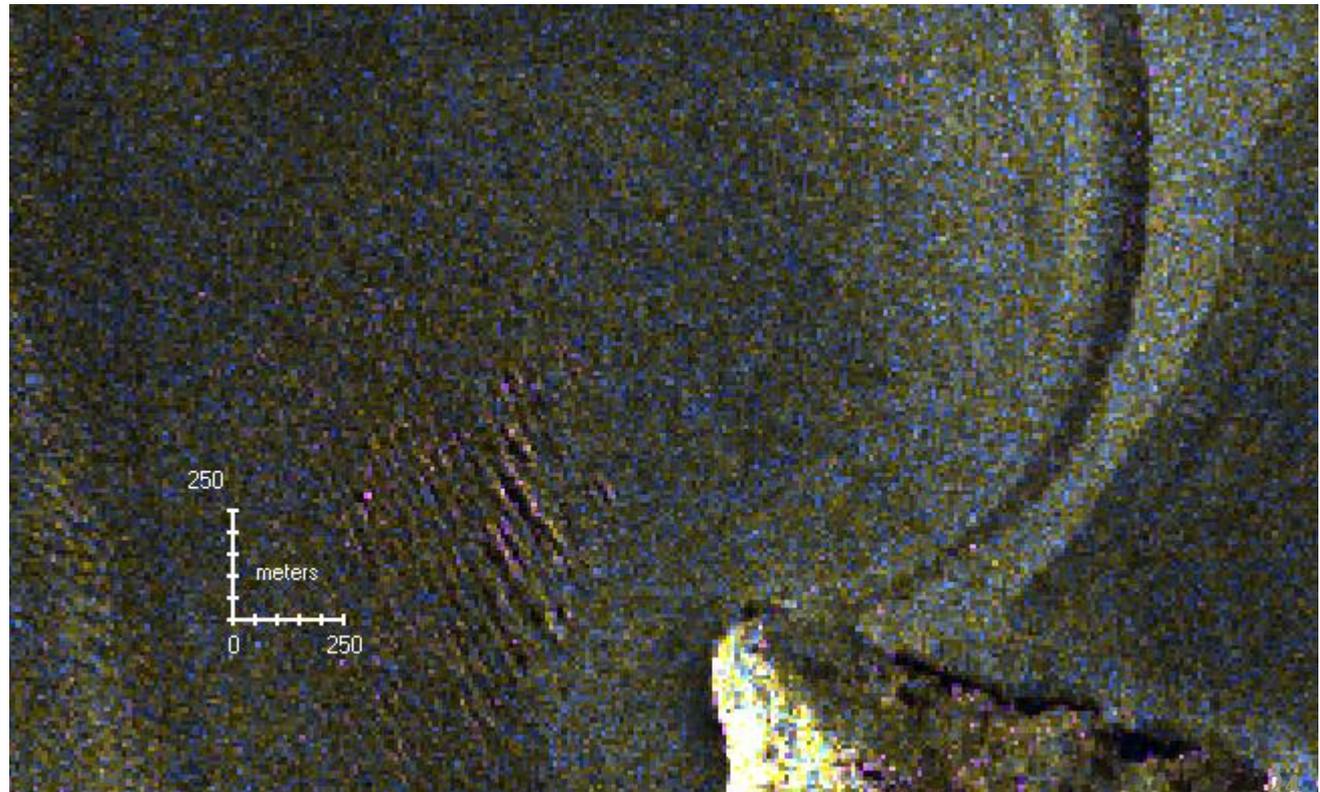
5. Vorgehen

6. Resultate

7. Ausblick

## Auxiliary Raster

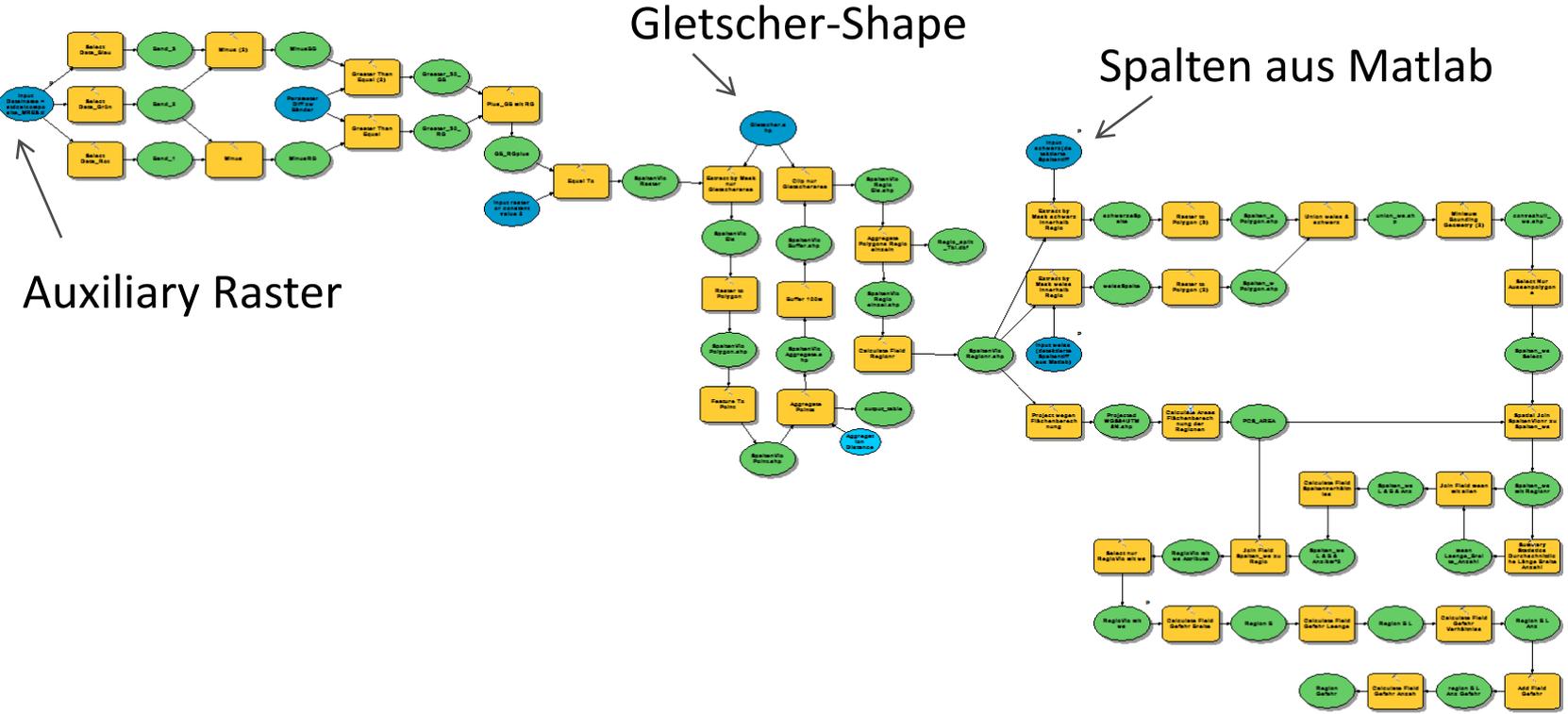
- Pixel im Bild markiert
  - Shadow
  - Layover



# Bildanalyse

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

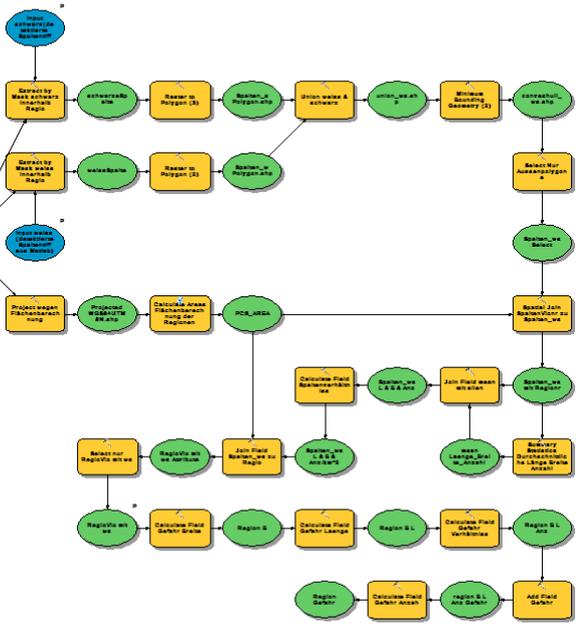
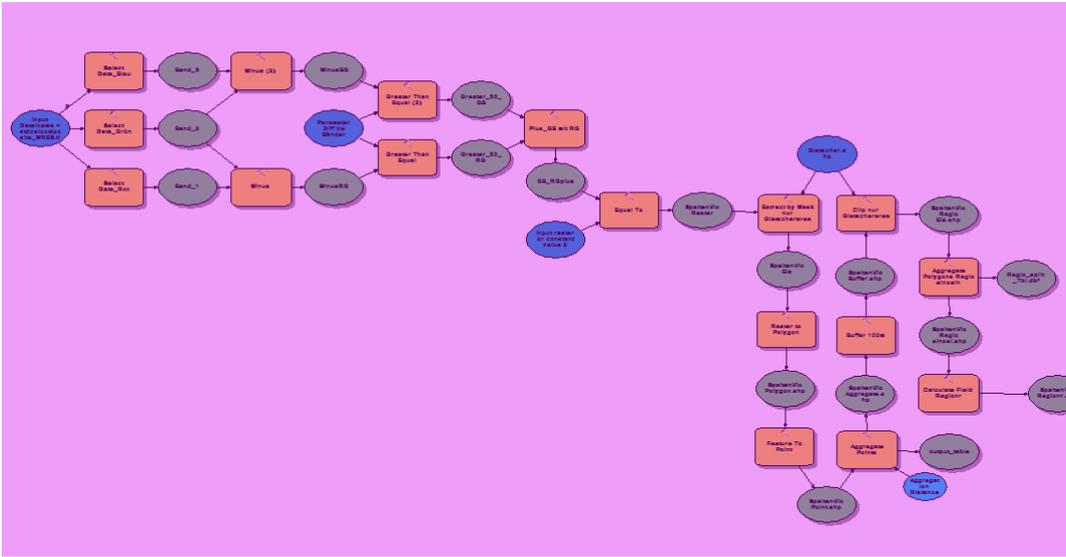
## ArcGIS Modelbuilder



# Bildanalyse

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

## ArcGIS



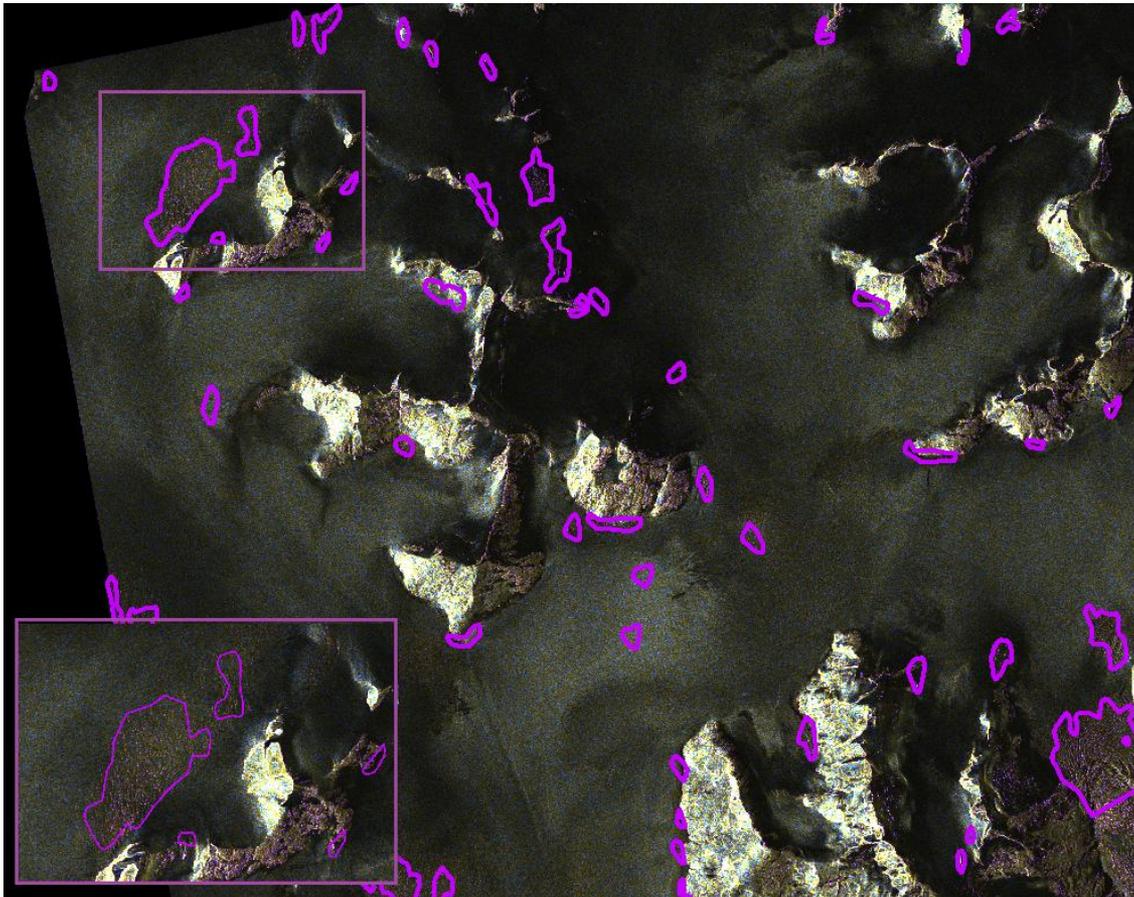
1. Spaltenregionen bilden



# Bildanalyse

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

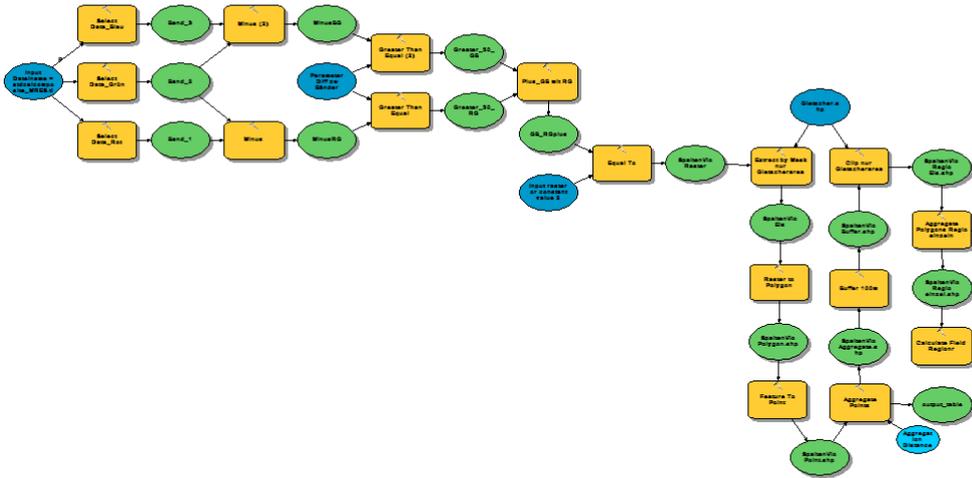
## ArcGIS, Spaltenregionen bilden



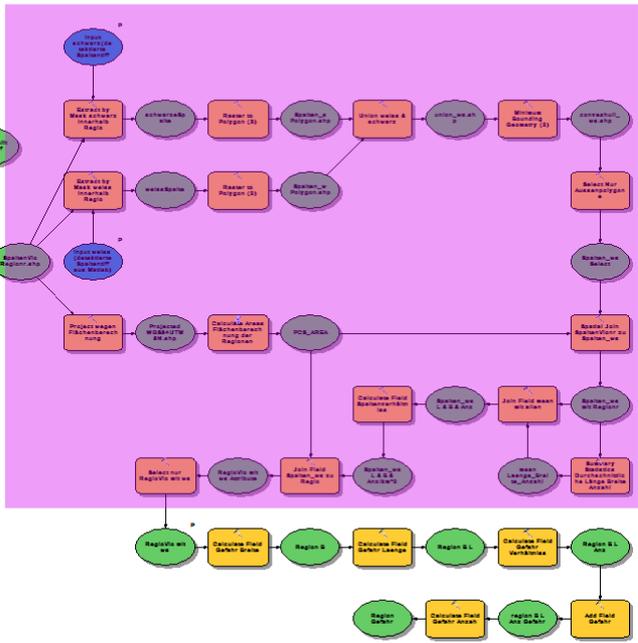
# Bildanalyse

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

## ArcGIS

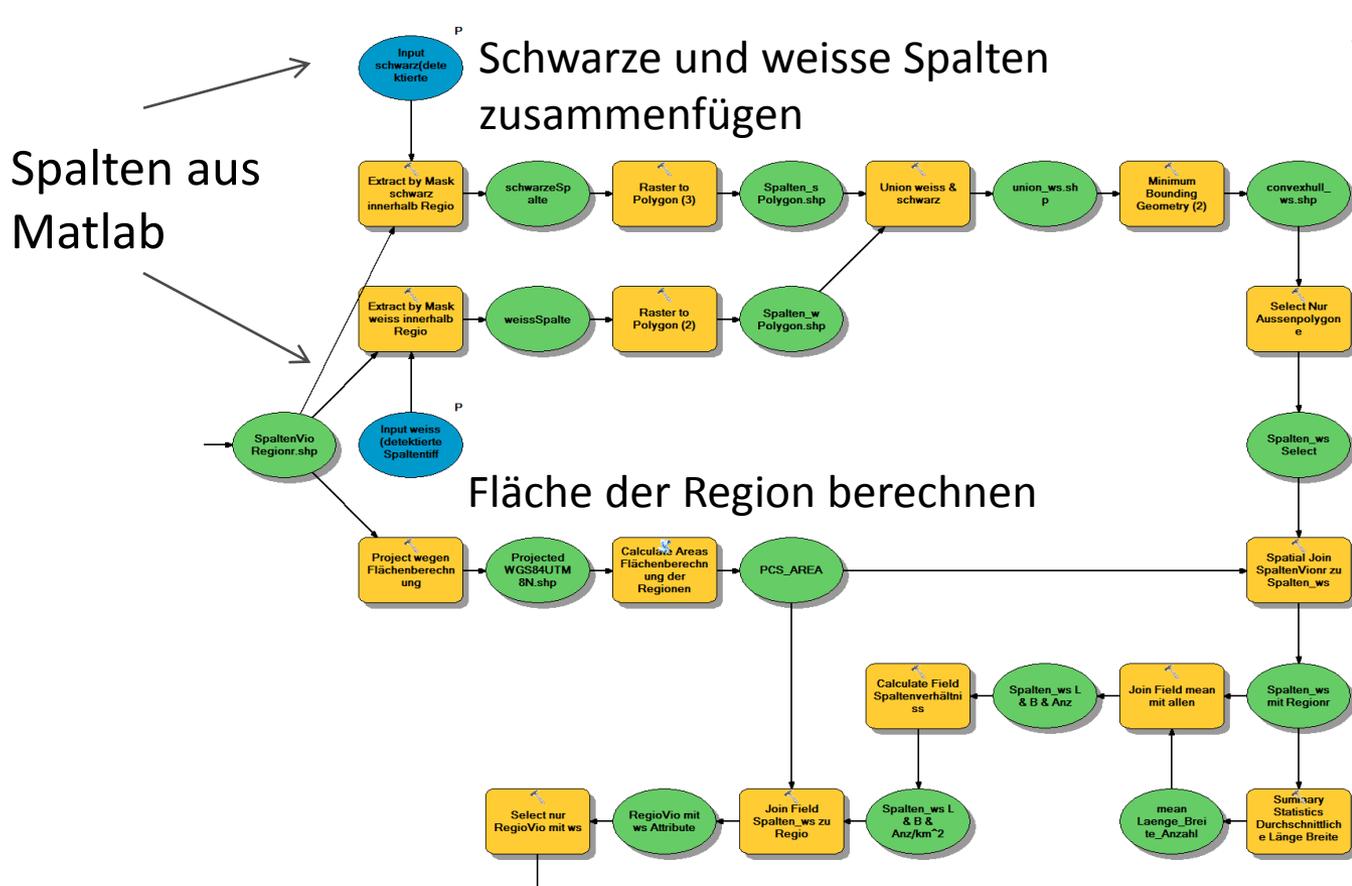


### 2. Spaltenattribute berechnen



# Bildanalyse

## ArcGIS, Spaltenattribute berechnen



Attribute berechnen:

- Länge
- Breite

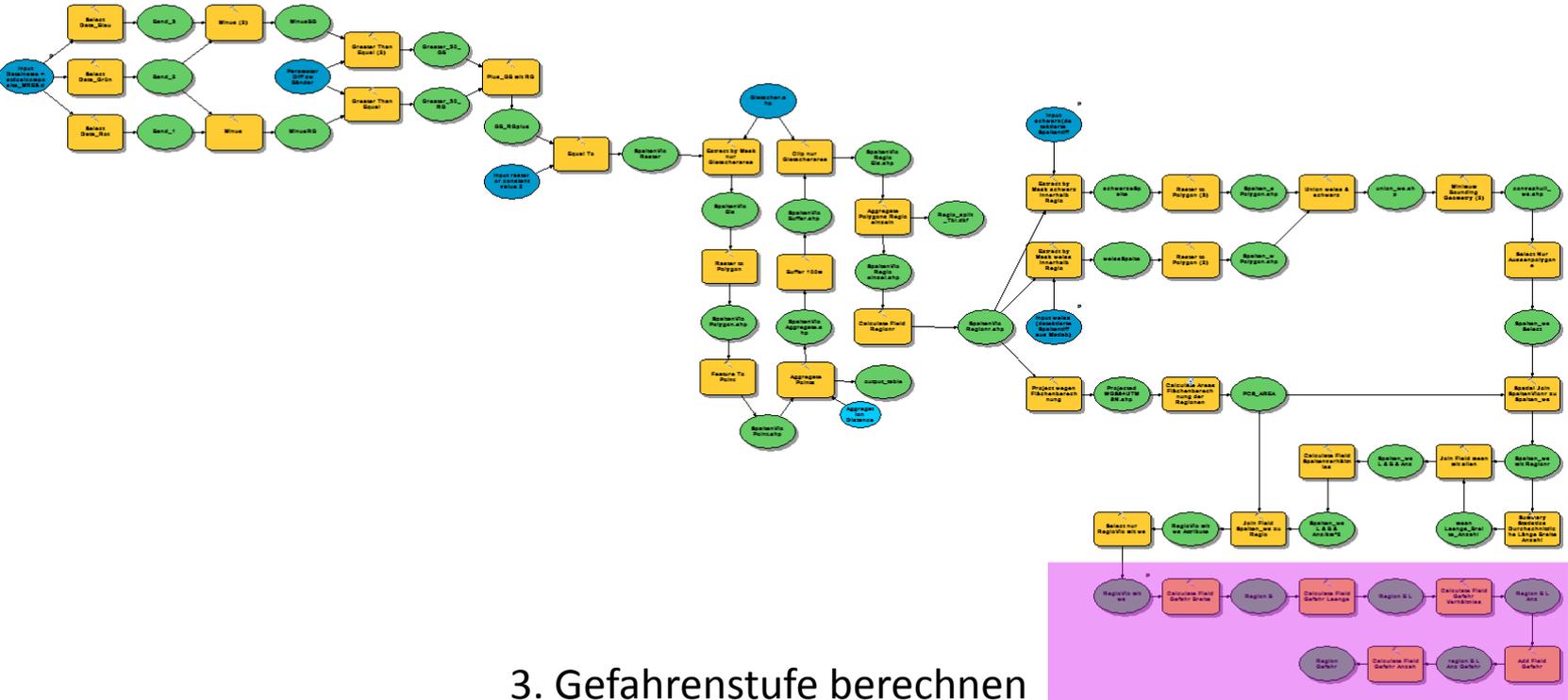
Mittelwerte berechnen:

- Länge
- Breite
- Anzahl/km<sup>2</sup>

# Bildanalyse

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

## ArcGIS



3. Gefahrenstufe berechnen

# Bildanalyse

## ArcGIS, Gefahrenstufe berechnen

### Breite:

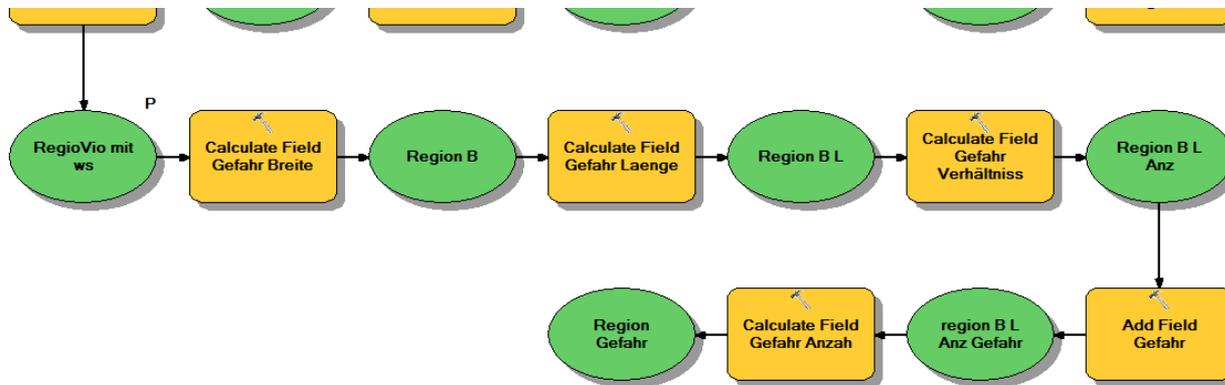
- von 0 - 7 m => 0
- von 7 - 15 m => 1
- von 15 - .. m => 2

### 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



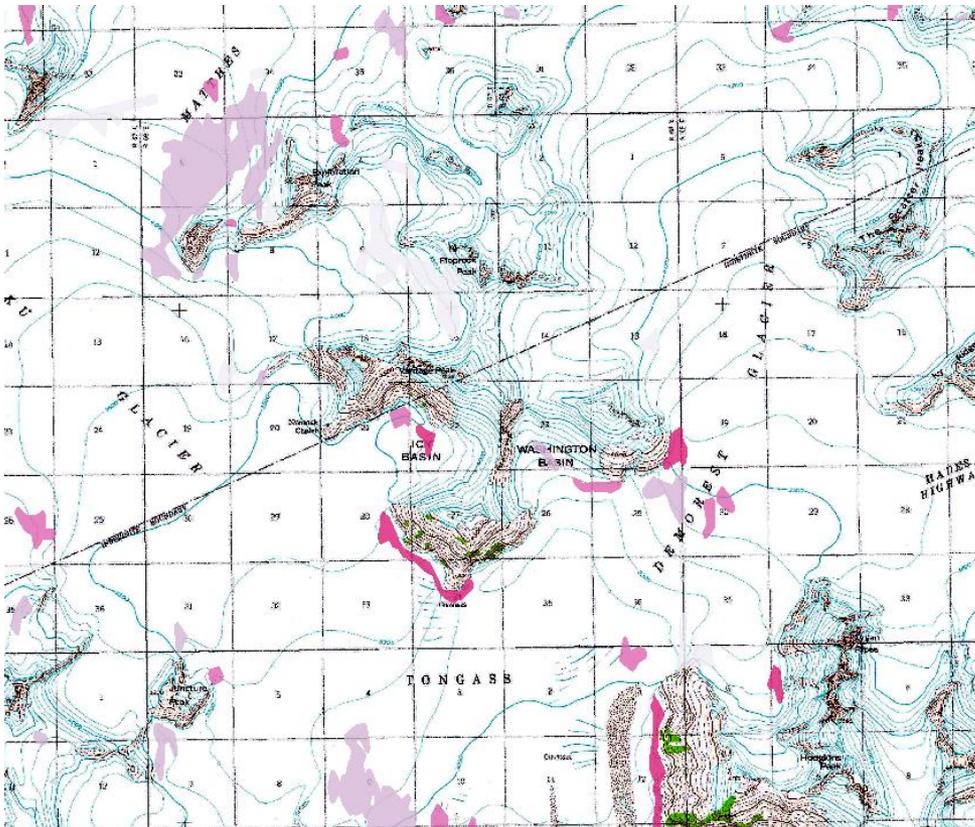
### Gefahr:

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

# Bildanalyse

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

## ArcGIS



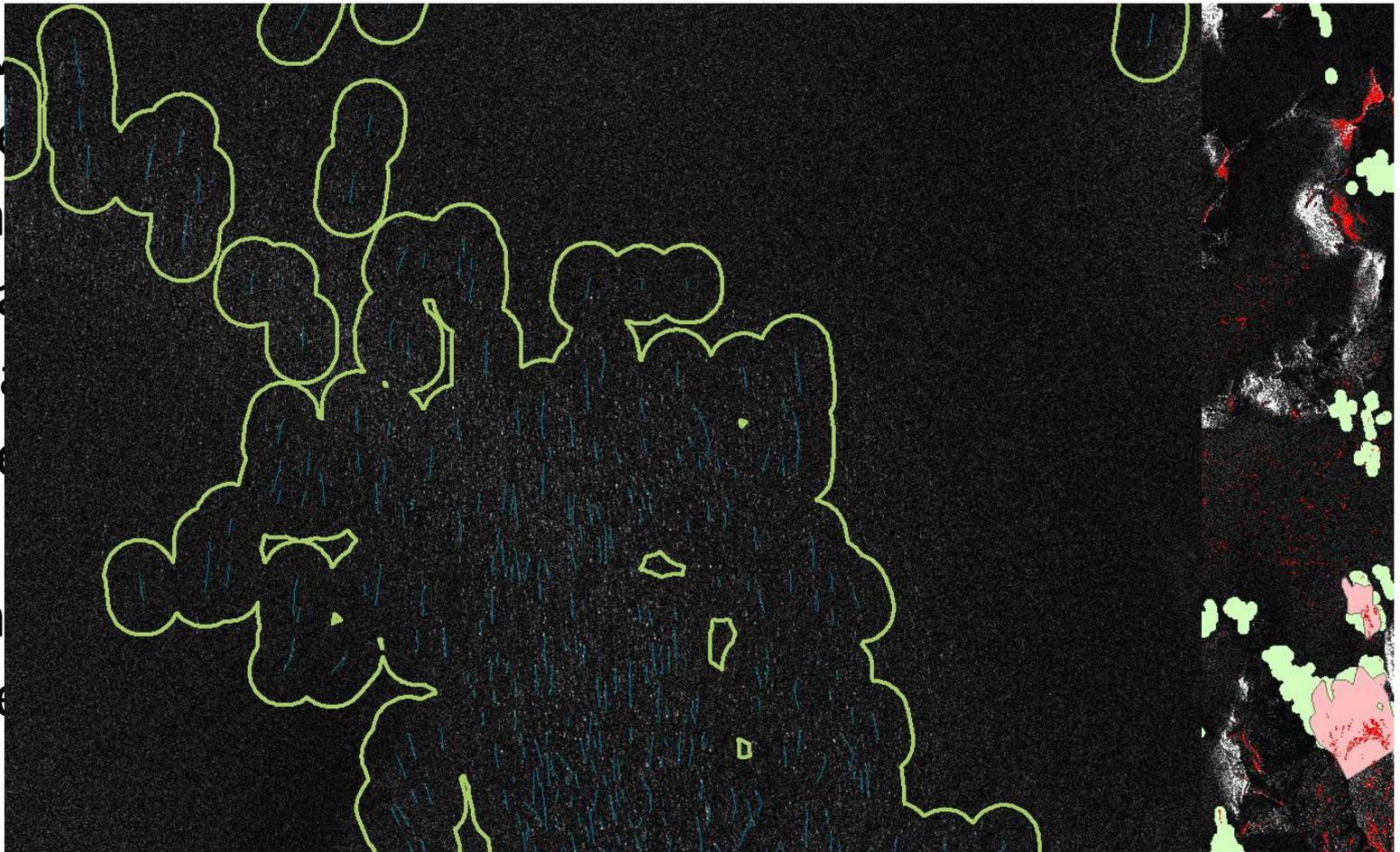
## Legende Gefahrenstufen

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, die dem Manuell detektierten Spalten entsprechen  
**Rosa:** Spalten, die dem Manuell detektierten Spalten entsprechen  
Endergebnis



# Kontrolle – Asc zu Desc

1. Ausganglage

2. Problemstellung

3. Zielsetzung

4. Grundlagen

5. Vorgehen

6. Resultate

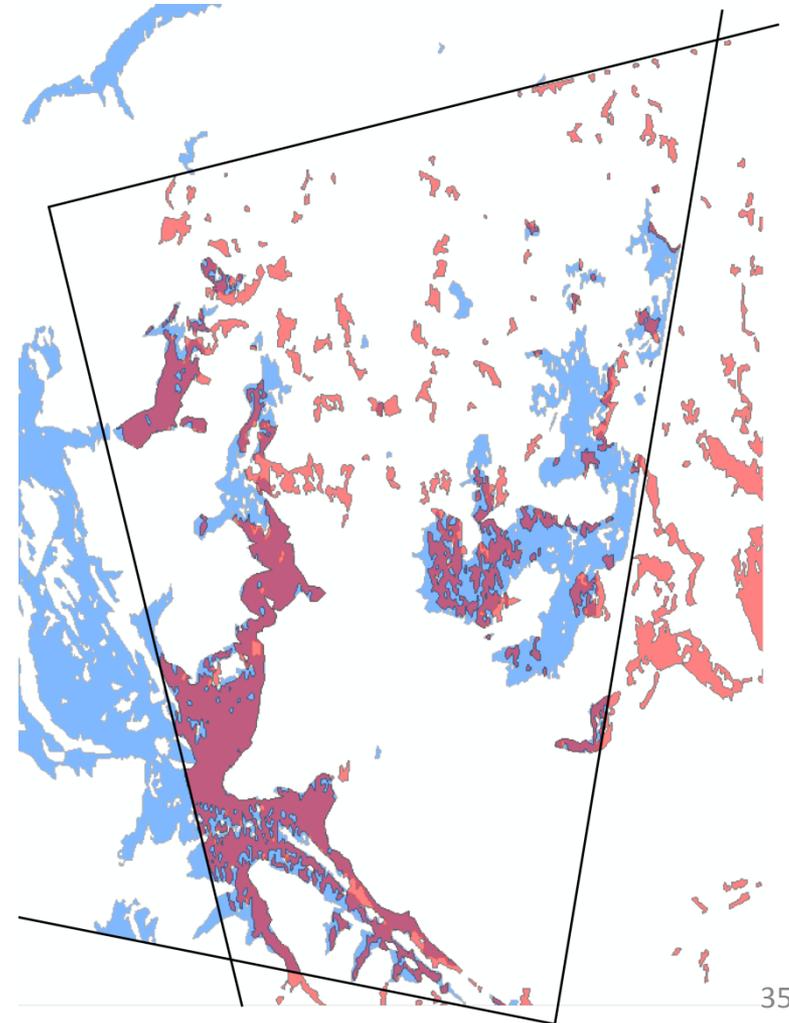
7. Ausblick

**Rot:** Ascending

**Blau:** Descending

**Violett:** Gleich detektierte  
Spaltenregionen

- Zeitunterschied
  - Desc 7.7.2011
  - Asc 24.7.2011
- Incidence angle
  - Desc  $31.1^\circ$
  - Asc  $24.1^\circ$
- Spaltenausrichtung





# 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. Ausganglage

2. Problemstellung

3. Zielsetzung

4. Grundlagen

5. Vorgehen

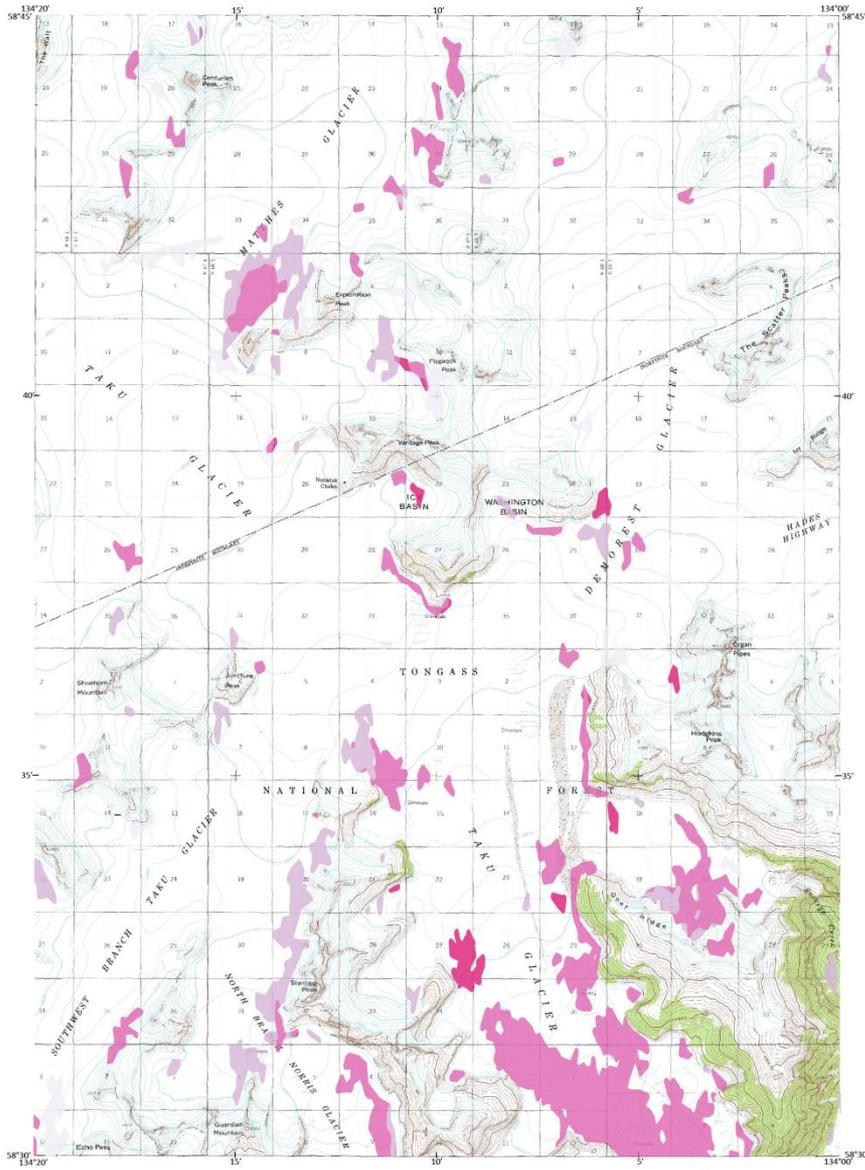
6. Resultate

7. Ausblick

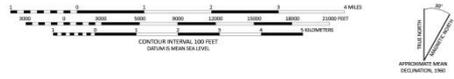
- Gesamtübersicht des Juneau Icefield mit Landsat als Basiskarte
- Vergleich mit Expertenmeinung
- Routenoptimierung berechnen
- SAR-Aufnahmen als Basiskarte
- Gefahrenlayer in GoogleEarth einbauen



# CREVASSE HAZARD MAP at the Juneau Icefield in Summer Season



Topography map produced by the Geological Survey, control by USGS by photogrammetric methods from aerial photography 1946, field annotated 1960. Map not field checked. Minor revision 1971. UTM projection, NAD83.  
10,000 foot grid based on Alaska coordinate system, zone 1  
Land form nomenclature unapproved and unmarked locations predetermined by the State of Alaska, Division of Lands.  
Folio of U.S. Copper River Meridian.  
Hazard shape produced in the context of master thesis by M. Briggner, Institute of Cartography and GeoInformation, ETH Zurich.  
Leader Prof. Dr. L. Hurns and advisors S. Wernemann and L. Ottagini.  
Calculated by image analysis from TerraSAR-X 2011  
UTM projection, WGS84 Ell.



**Danger Scale**  
errors and omissions  
excepted

low	light pink
moderate	medium pink
considerable	dark pink
high	purple
very high	dark purple

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

## Für Fragen stehe ich gerne zur Verfügung