



# „GLOBAL CHANGE - Die Erde aus dem Weltraum“

**Wolfgang Sulzer**

Inst. für Geographie und Raumforschung  
Karl Franzens Universität Graz  
Heinrichstrasse 36, A-8010 Graz  
wolfgang.sulzer@uni-graz.at

## Inhalt

- Persönliche Motivation
- Einleitung: Globaler Wandel / Fernerkundung
- Anwendungen im Überblick
- Anwendungen am Institut für Geographie und Raumforschung

## Einleitung / Globaler Wandel

### Globaler Wandel

Unter dem Begriff **Globaler Wandel** werden verschiedene globale Veränderungsprozesse zusammengefasst, die sich zu einem erheblichen Teil gegenseitig beeinflussen.

Dazu gehören insbesondere

- globale **Umweltveränderungen** wie die globale Erwärmung, Entwaldung, der Verlust der Biodiversität, die Versauerung der Meere oder die Ausbreitung von Wüsten oder die Umwandlung von Wäldern und Steppen in Agrarflächen.
- die Auswirkungen der Globalisierung sowie
- die demographischen Veränderungen auf der Erde (Bevölkerungswachstum, Alterung, Migration).

## Einleitung / Globaler Wandel

Die Forschung zum **Globalen Wandel** beschäftigt sich mit Veränderungen im System Erde:

Vorrangige Ziel sind:

- Erkennen von Ursachen und Folgewirkungen globaler Umwelt- und Entwicklungsprobleme
- Aufzeigen von Maßnahmen zur Steuerung dieser Veränderungen und
- Frühzeitiges Erkennen von künftigen Chancen und Risiken

Globaler Wandel betrifft unterschiedliche Themenfelder auf **unterschiedlichen Skalen** (global, regional, lokal) und in unterschiedlichen Zeitdimensionen (kurz- mittel- und langfristig)

## Einleitung / Globaler Wandel

Forschung zum **Globalen Wandel** beschäftigt sich mit systematischen Veränderungen in folgenden Bereichen:

- Weltklima
- Wasserhaushalt
- Naturkatastrophen
- Luft- und Wasserverschmutzung
- Landnutzung und -bedeckung
- Bodenzustand
- Biodiversität
- Bevölkerungsentwicklung und Migration
- Gesundheitsgefährdung
- Ernährungssicherheit
- Globale Entwicklungsdisparitäten
- Lebensstilen

## Einleitung / Globaler Wandel

Um die Forschung zum **globalen Wandel** auf globaler Ebene koordiniert anzugehen, wurden vor rund 15 Jahren vier internationale Global Environmental Change (GEC) Programme etabliert:

- das **International Human Dimensions Programme** mit Schwerpunkt auf sozial- und politikwissenschaftliche Interessen, Kommunikation und Capacity Building,
- das **International Geo-Biosphere Programme** mit Schwerpunkt auf biogeochemische Prozesse und Interaktionen,
- das **World Climate Research Programme** mit Schwerpunkt in Klimasystem-Verständnis und Klimaprojektion, und
- das **Diversitas-International** mit Schwerpunkt im Bereich Biodiversitätsforschung und Science Policy Dialogue.



## Einleitung / Fernerkundung

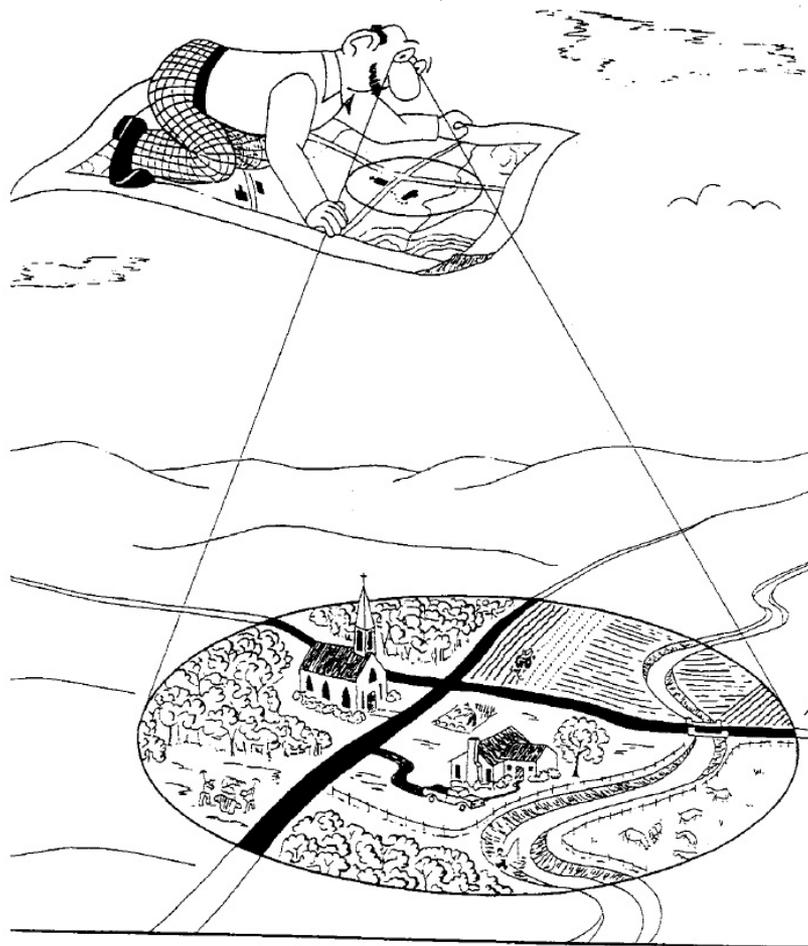
Was ist das ?

## Definition von Fernerkundung

Von der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung wurde im Jahr 1996 folgende Definition veröffentlicht:

„Photogrammetrie und Fernerkundung ist die Kunst, Wissenschaft und Technologie zur Gewinnung zuverlässiger Informationen über die Erde und die Umwelt sowie anderer Objekte und Prozesse der physischen Welt mittels berührungsloser abbildender oder anderer Sensorsysteme durch Aufzeichnung, Messung, Analyse und Wiedergabe.“

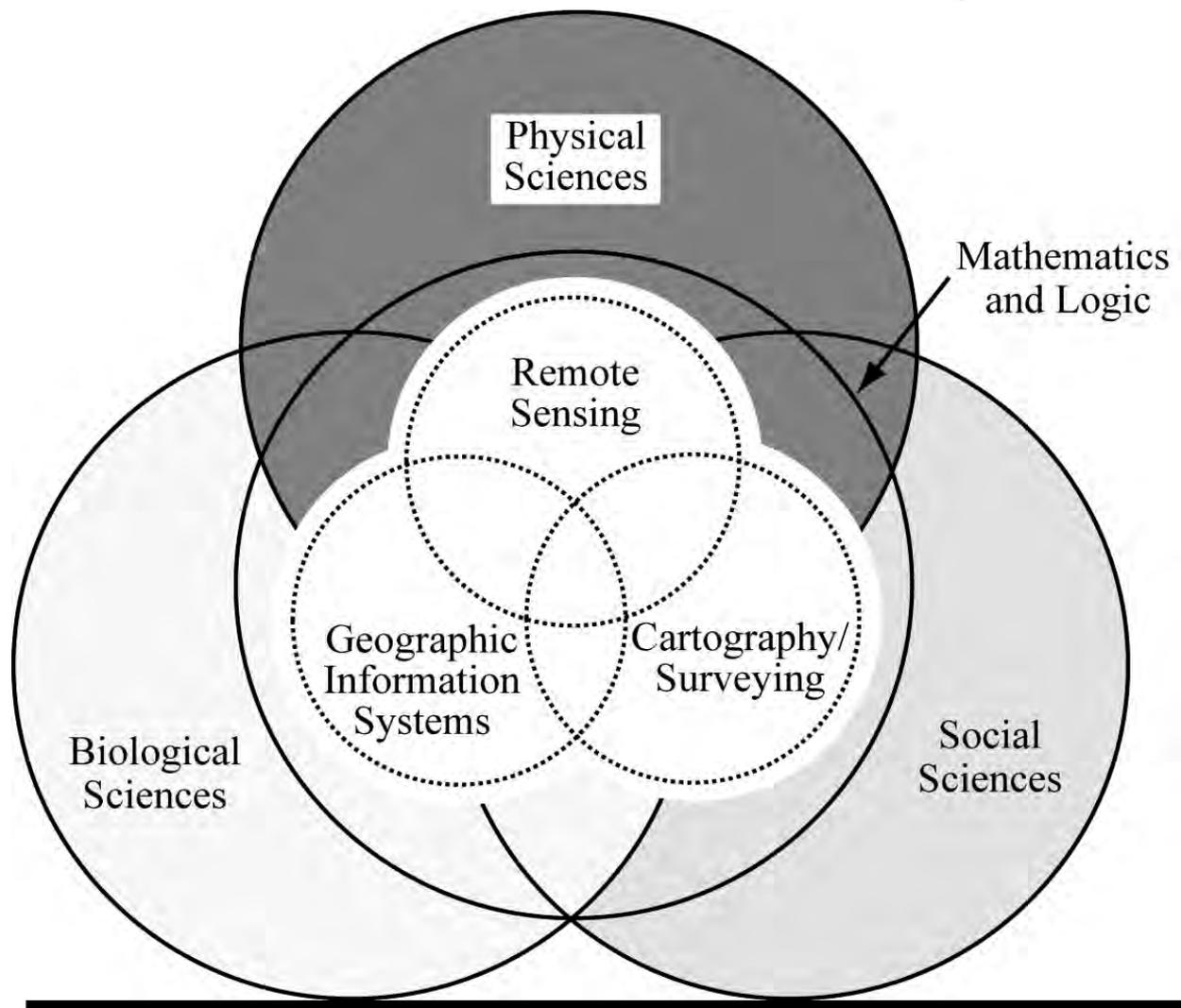
## Definition von Fernerkundung



## Informationen, die den physikalischen Zustand der Umwelt beschreiben, können im Prinzip auf drei verschiedene Arten gewonnen werden:

- **durch direkte Messung:** das Messgerät befindet sich dabei am Ort der Messung  
(Beispiel: Messung der Temperatur mit dem Thermometer)
- **durch Fernmessung:** dabei befindet sich das Messgerät zwar am Ort der Messung, das Ergebnis wird aber entfernt davon z.B. über Funksignale angezeigt  
(Beispiel: meteorologische Temperaturmessung in der Atmosphäre durch Radiosonden)
- **durch Fernerkundung:** das Messgerät befindet sich in einiger Entfernung vom Ort der Messung; die zu messende Information wird aus der vom Messobjekt reflektierten oder emittierten elektromagnetischen Strahlung abgeleitet  
(Beispiel: Messung der Wassertemperatur vom Flugzeug aus mit einem Thermal-Scanner)

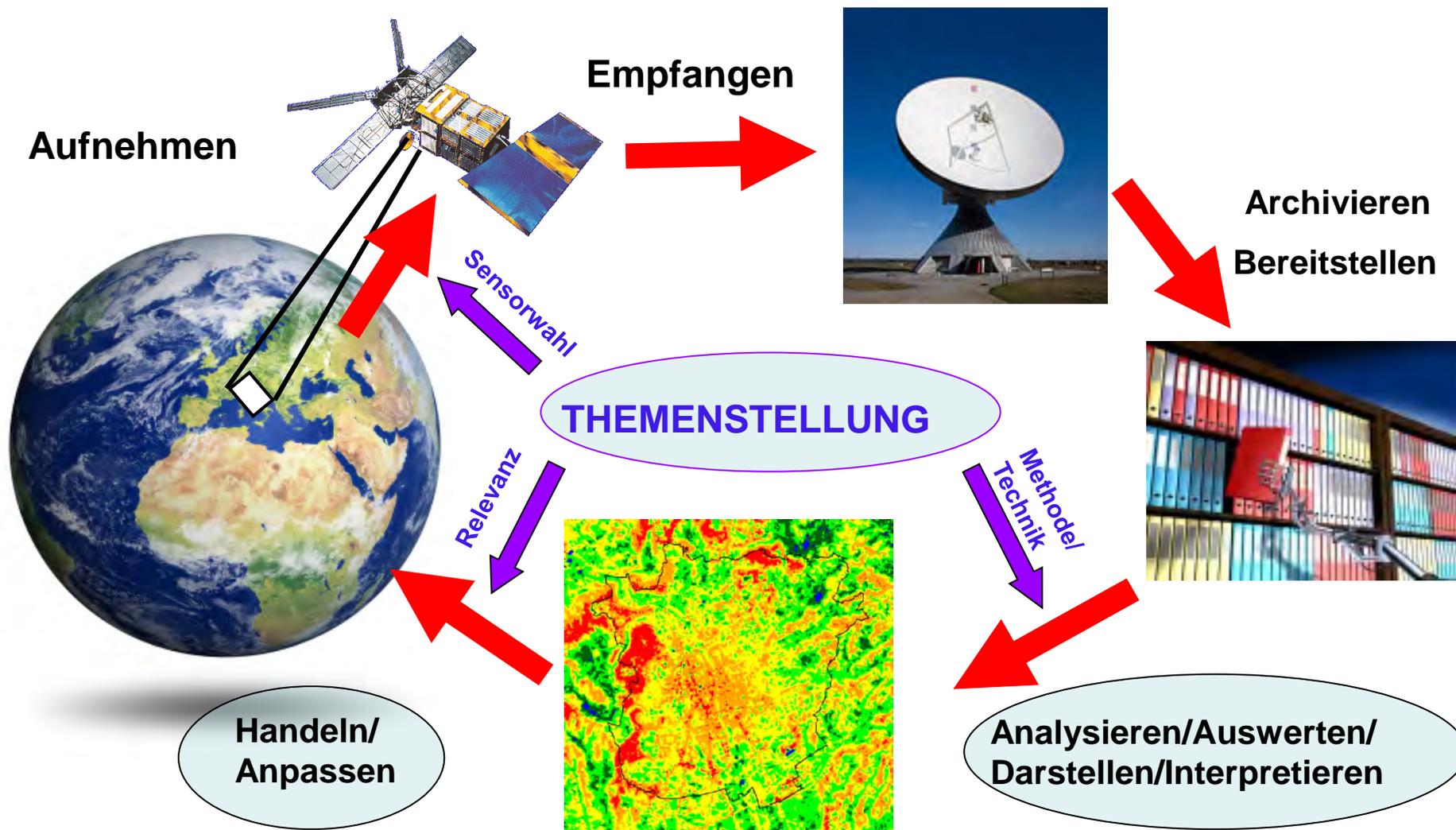
## Wo steht die Fernerkundung ?



## Bei der Daten-Aufnahme wird die von Gegenständen der Erdoberfläche ausgehende

- **elektromagnetische Strahlung** durch einen Sensor empfangen und in Bilddaten umgesetzt;
- **Aufnahmesystem:** analog/digital, Auflösung (spektral, radiometrisch, geometrisch, zeitlich);
- **Aufnahmeplattform:** Satellit, Raumfahrzeug, Flugzeug, sonstige Aufnahmegebietsgröße, -maßstab, -geometrie

## Geographische Fernerkundung / System



## Vorteile der FE für Umweltanwendungen

- Besserer Überblick aus der **Vogelperspektive** (synoptischer Überblick im Detail und im Großen)
- Fernerkundung erlaubt einen Einblick **über das sichtbare Wellenspektrum** hinaus
- **Objektive Messungen** von Umweltparametern
- Sensoren können ein sehr spezielles Wellenspektrum oder gleichzeitig mehrere **unterschiedliche Spektren** aufnehmen
- Einige Sensoren operieren **ganzjährig, nachtsüber und bei schlechtem Wetter**
- Abdeckung **größerer Gebiete** und Verfügbarkeit verschiedener Auflösungen für verschiedene Maßstabsebenen
- Verfügbarkeit **verschiedener Wellenlängen für verschiedene Fragestellungen**
- **Kosteneffektiv** im Vergleich zu terrestrischen Kartierungsverfahren
- **Monitoringprogramme** über längere Zeitreihen hinweg sind möglich incl. einer retrospektiven Analyse von Entwicklungen eines Untersuchungsgebietes
- Daten sind **georeferenziert, digital** und sind einfach in geographische Informationssysteme zu integrieren

## Vorteile der FE für Umweltanwendungen

~~Kartierung / Begehung~~



Lösung →

Satellitenbild



~~ABER:~~ - hoher Zeitaufwand  
- ständige Wiederholung ~~nötig~~  
- hohe Kosten

- aktuell
- schnell verfügbar
- kostengünstig
- Informationsvielfalt

## Beiträge der Fernerkundung zur Erfassung des globalen Wandels

- Anwendungen ein Überblick
- Anwendung am Institut für Geographie und Raumforschung
  - Gletschermonitoring
  - Naturkatastrophen - Rutschungen / Vulkanlandschaft Ätna

## Beiträge der Fernerkundung zur Erfassung des globalen Wandels

- Anwendungen ein Überblick
- Anwendung am Institut für Geographie und Raumforschung
  - Gletschermonitoring
  - Naturkatastrophen - Rutschungen / Vulkanlandschaft Ätna

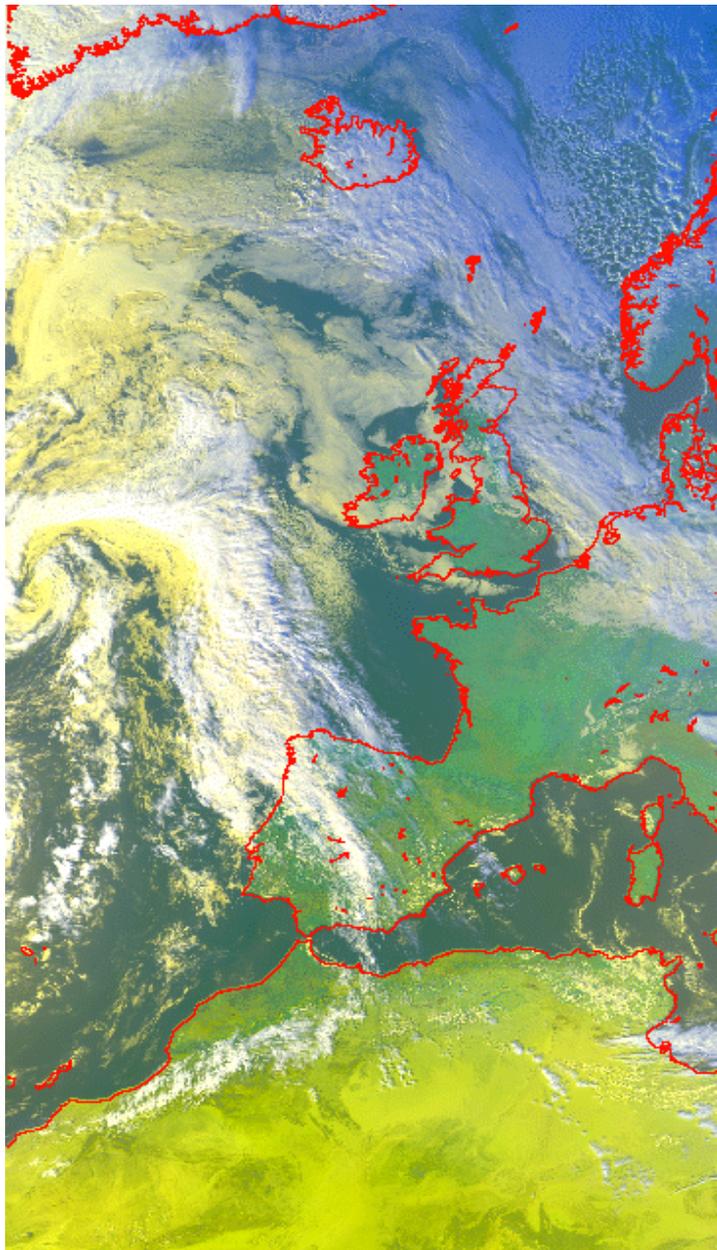
## Klimaforschung

Dieses Bild gibt Informationen über die reflektierte Sonnenstrahlung und die emittierte thermische Strahlung (Oberflächentemperatur) wider.

Gebiete mit relativ hohen Temperaturen erscheinen Gelb (z.B. Sahara)

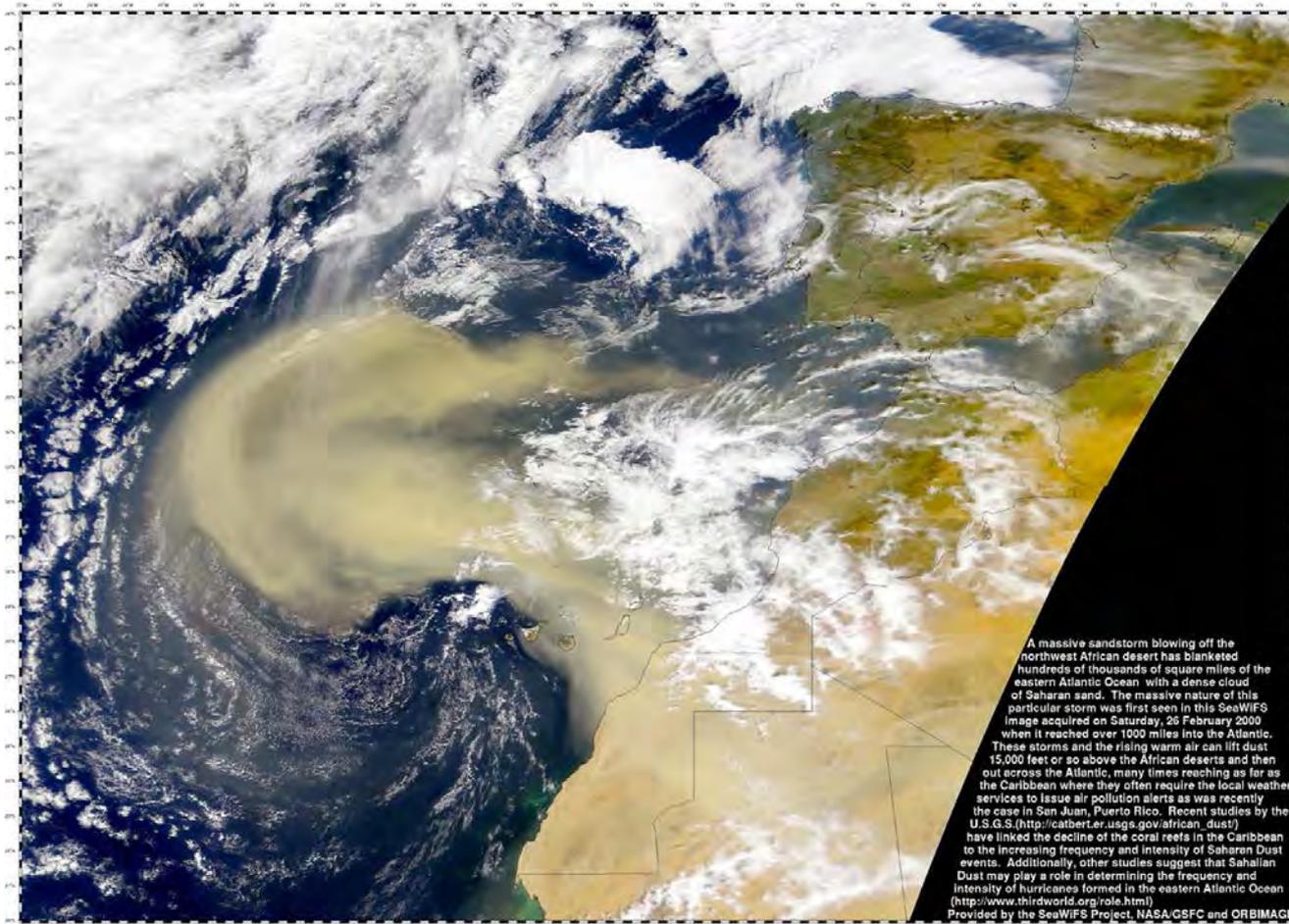
Gebiete mit relativ niedrigen Temperaturen erscheinen in bläulichen Farbtönen (z.B. Skandinavien).

Dieses Bild wurde vom NOAA-Satelliten Nummer 14 aufgenommen.



## Klimaforschung

Ein riesiger Sandsturm  
bring Saharastaub weit  
hinaus in den Atlantik



A massive sandstorm blowing off the northwest African desert has blanketed hundreds of thousands of square miles of the eastern Atlantic Ocean with a dense cloud of Saharan sand. The massive nature of this particular storm was first seen in this SeaWiFS image acquired on Saturday, 26 February 2000 when it reached over 1000 miles into the Atlantic. These storms and the rising warm air can lift dust 15,000 feet or so above the African deserts and then out across the Atlantic, many times reaching as far as the Caribbean where they often require the local weather services to issue air pollution alerts as was recently the case in San Juan, Puerto Rico. Recent studies by the U.S.G.S. ([http://catbert.er.usgs.gov/african\\_dust/](http://catbert.er.usgs.gov/african_dust/)) have linked the decline of the coral reefs in the Caribbean to the increasing frequency and intensity of Saharan Dust events. Additionally, other studies suggest that Sahelian Dust may play a role in determining the frequency and intensity of hurricanes formed in the eastern Atlantic Ocean (<http://www.thirdworld.org/role.html>).  
Provided by the SeaWiFS Project, NASA/GSFC and ORBIMAGE

Daten: SeaWIFS, 26. Feb. 2000

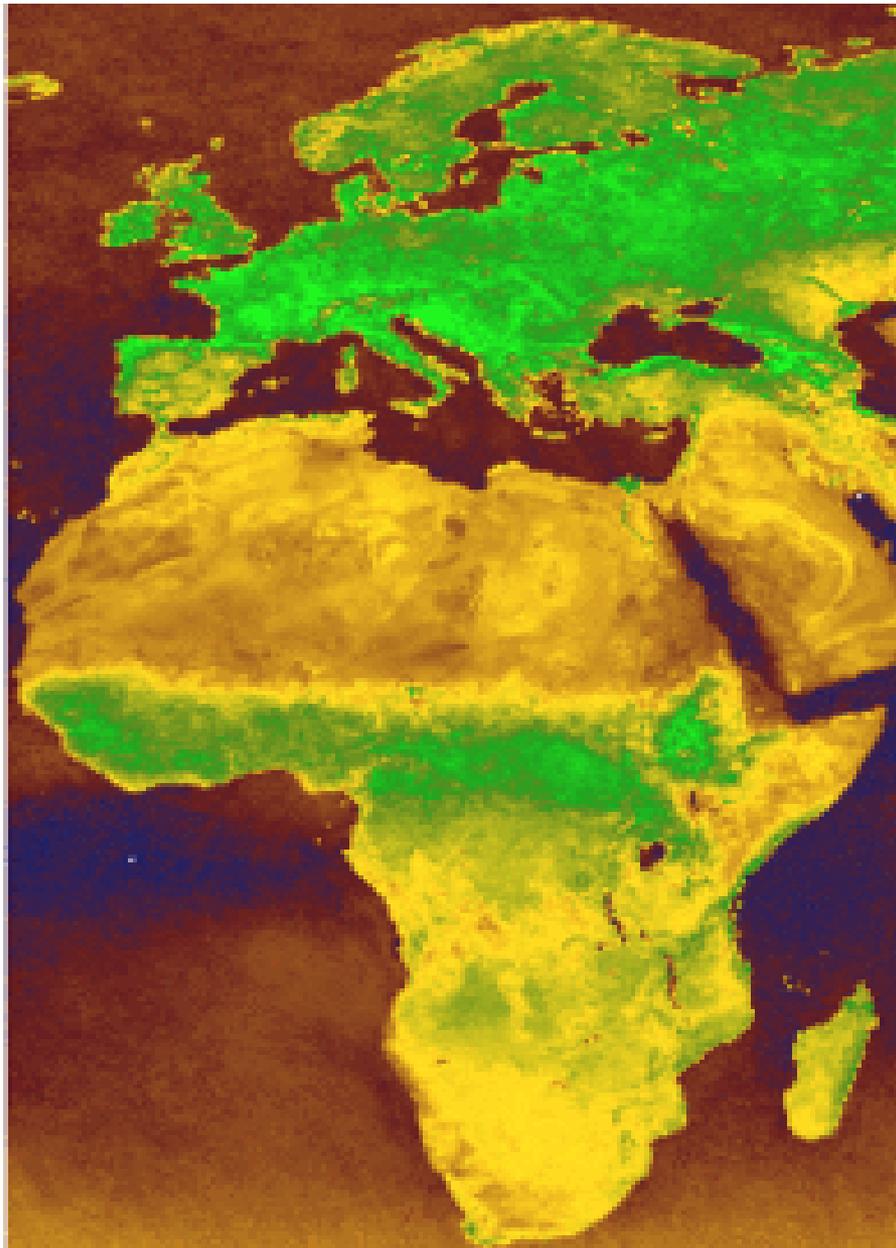
## Vegetation

Diese Abbildung zeigt die Vegetation von Europa und Afrika im Juli und Januar (Sommer: Nordhalbkugel Juli und Südhalbkugel Jänner)

Leuchtendes Grün = starkes Wachstum

Braun = fehlendes Wachstum

Dieses Bild basiert auf NOAA Daten.



## Vegetation



Diese Abbildung zeigt die  
Entwicklung der Entwaldung  
in Bolivien 1986-2000

Daten: LANDSAT

## Hydrologie

### TSCHAD SEE

Dieser See galt früher als sechst  
größter See der Welt. Heute weist er  
nur mehr 1/10 seiner  
Ursprungsgröße auf ( $\approx 1.350 \text{ km}^2$ ).  
Grund dafür sind die geringeren  
Niederschlagsmengen in dieser  
Region.

Dieses Bild wurden vom LANDSAT-7/ETM+  
aufgenommen.

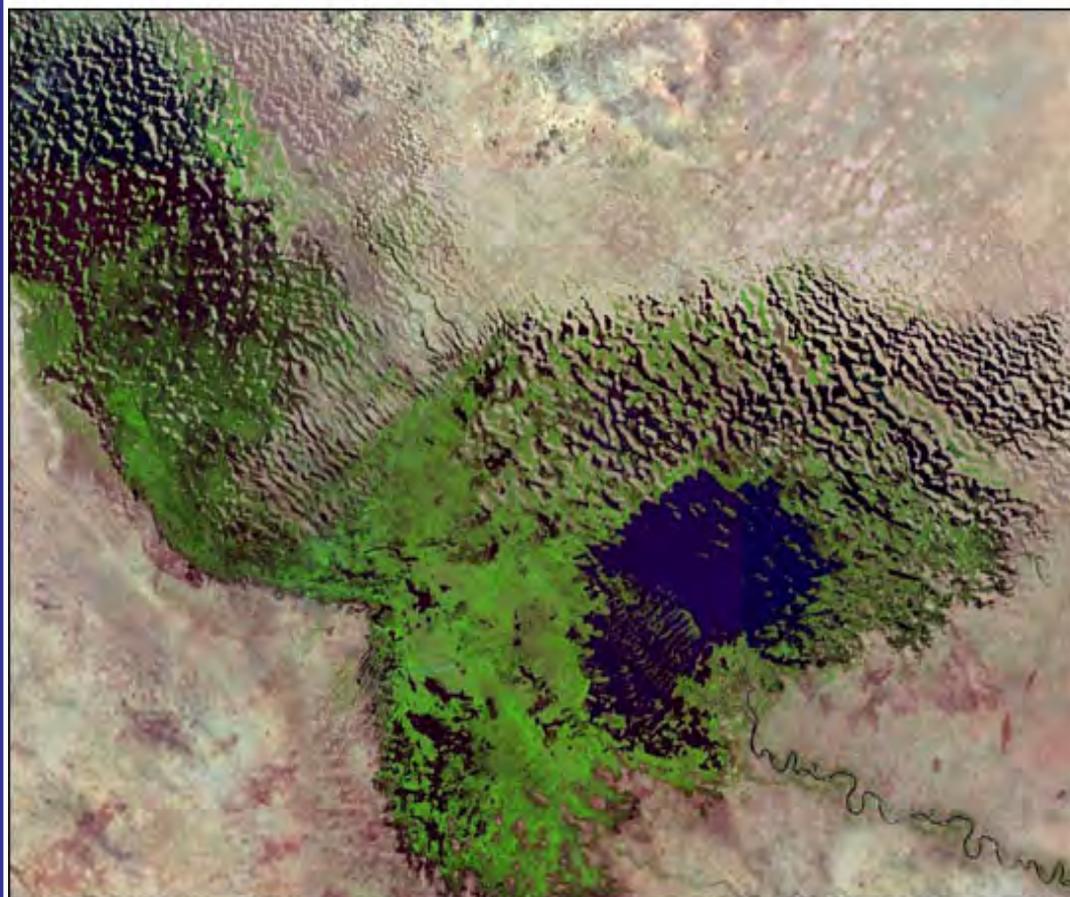
Quelle: NASA, 2012 – LAKE CHAD (AFRIKA)



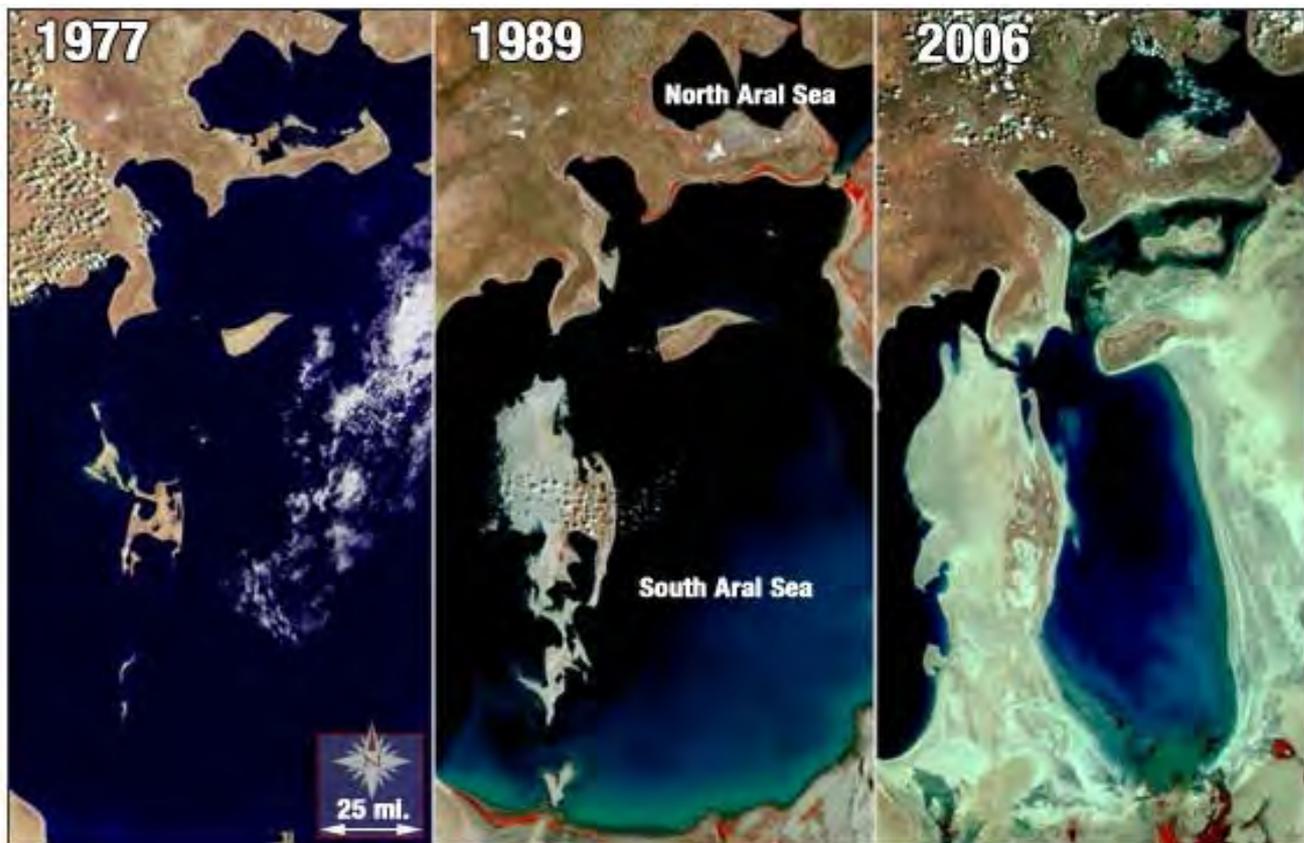
1973

1987

1997



2001



Dieser See trocknet aufgrund von enormen Wasserentnahmen aus den Zubringerflüssen immer mehr aus.

Aufnahme: Landsat Satelliten

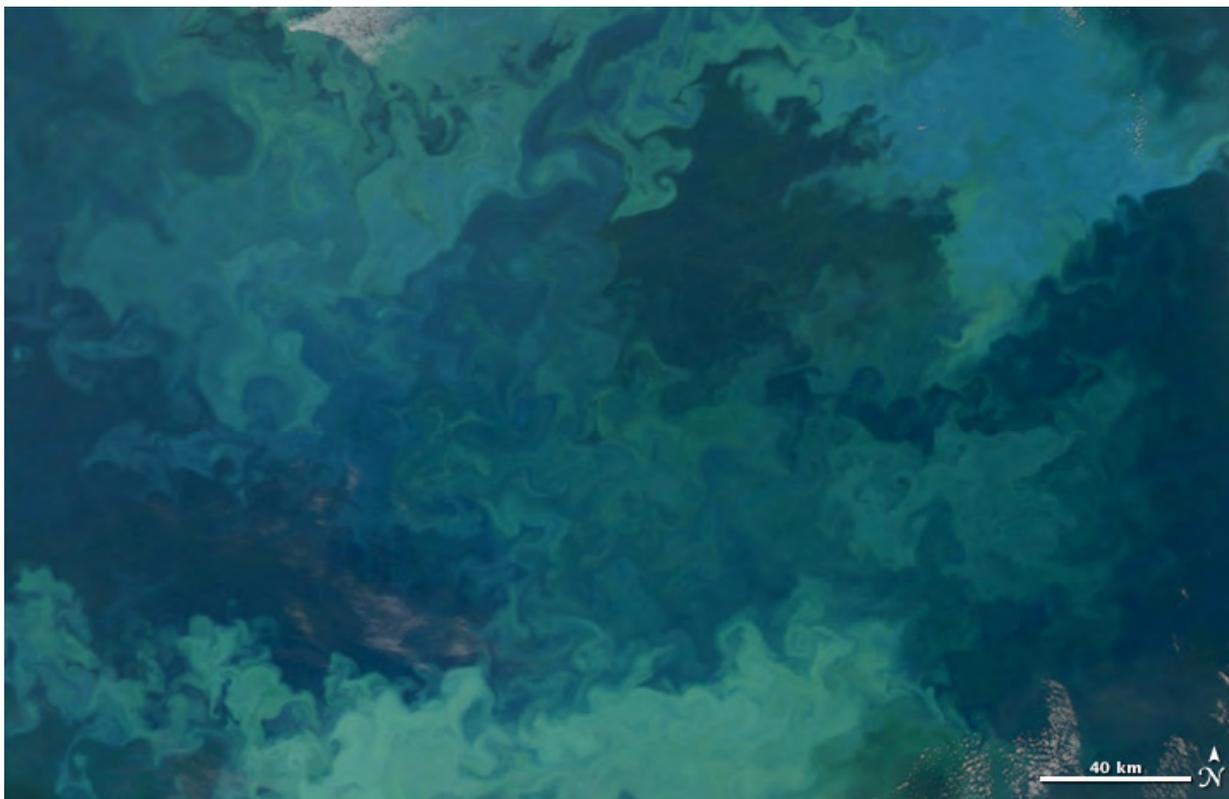
## Hydrologie

### ARAL SEE



## Hydrologie

### BARENTS SEE



Aufnahme: NASA's Aqua  
Satelliten

Diese Abbildung ist eine Echtfarbdarstellung vom Barents Meer (Lage: zwischen Norwegen und Russland). Die Farbvariationen entstehen durch die unterschiedliche Konzentrationen von Phytoplankton im Wasser.

Hellblaue Farbe (Türkis) = Kalkalgenbestand  
Grüne Farbe = wahrscheinlich Kieselalgenbestand



Der Ganges formt ein weitläufiges Delta und mündet in die Bucht von Bengal. Das Delta ist vom Sumpfwald bedeckt was an diesem Bild an der hellgrünen Färbung ersichtlich ist.

## Hydrologie

DELTA

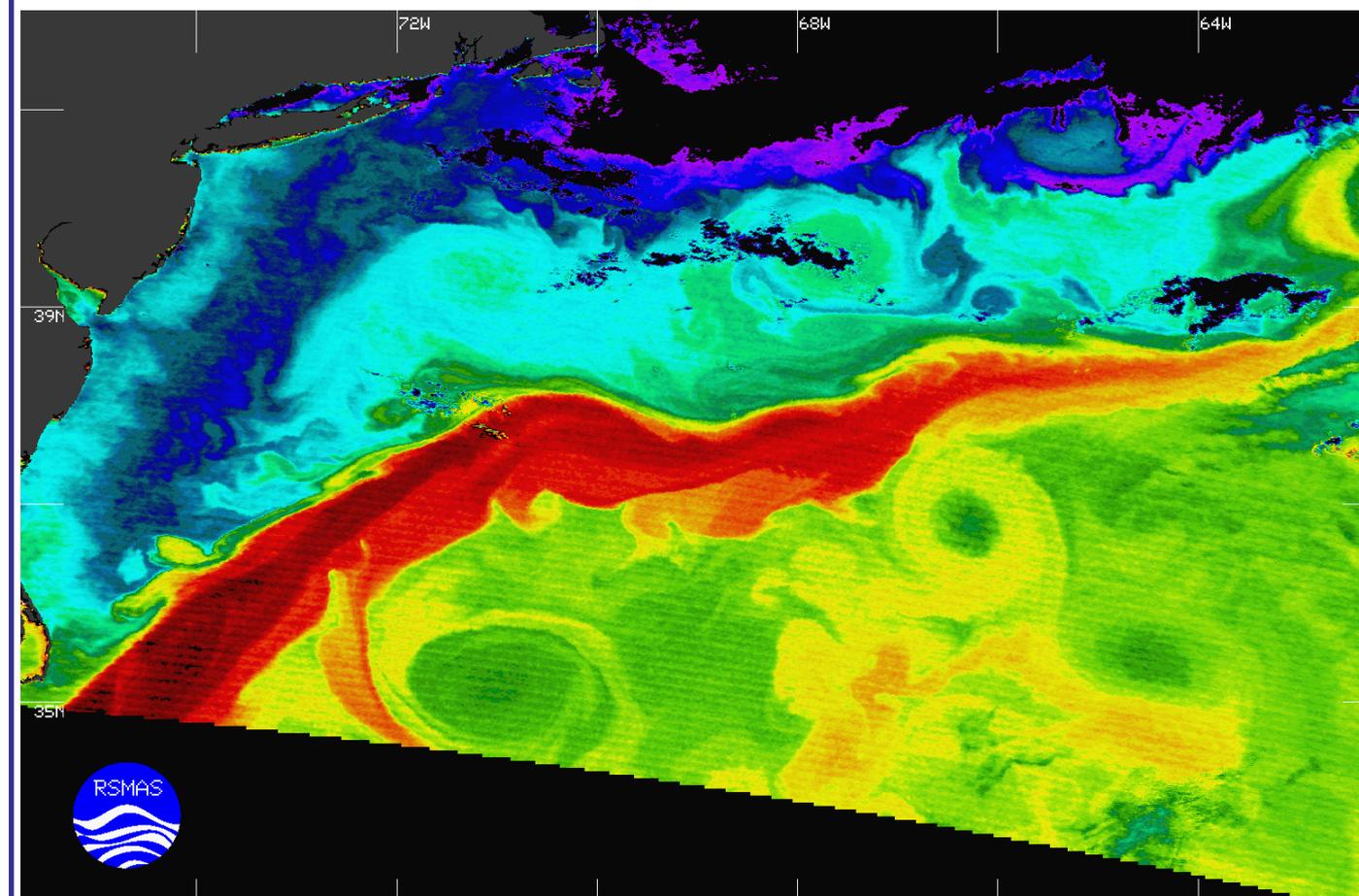
Aufnahme: Landsat 7

## Hydrologie

### GOLFSTROM

Daten: MODIS / Terra

Die Aufnahme zeigt die Wassertemperaturen des Golfstromes/  
Nordatlantikstromes





Quelle: NASA, 2012 – Abb. - 12. SEPTEMBER 2010

Aufnahme durch den NASA's Aqua  
Satelliten



Quelle: NASA, 2012 – Abb. - 14. SEPTEMBER 2010

## Glaziologie

### ARKTIS

Anhand dieser Abbildungen ist die Bildung von Eisflächen in der Arktis zu erkennen. Die obere Abbildung zeigt die Fläche des Eises am 12. September. Zwei Tage später ist eine deutliche Zunahme der Eisfläche zu sehen (Abbildung unten).

Dasselbe Phänomen ist mit den gleichen Methoden auch beim Abschmelzen von Eisflächen zu beobachten.

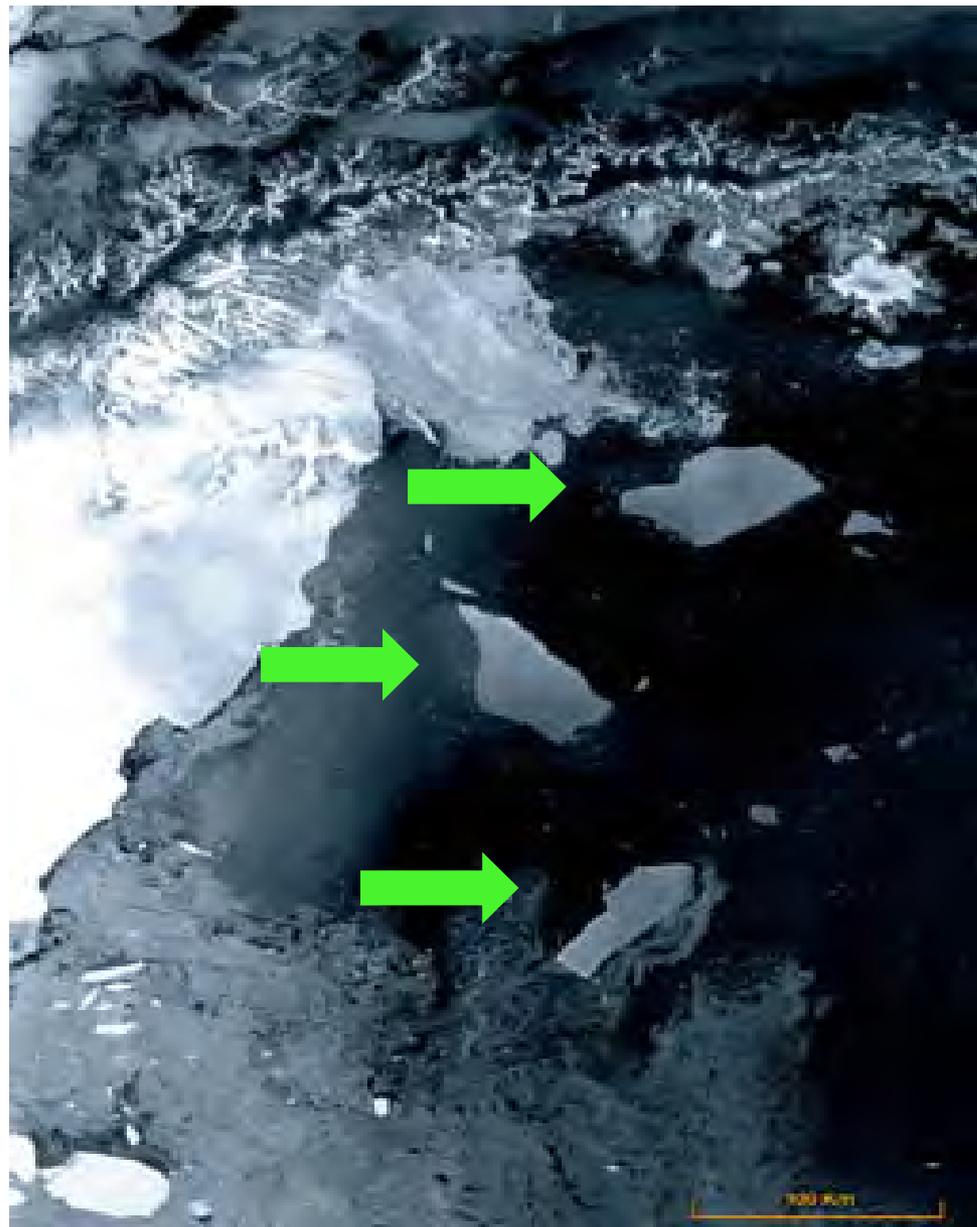
## Glaziologie

### ANTARKTIS

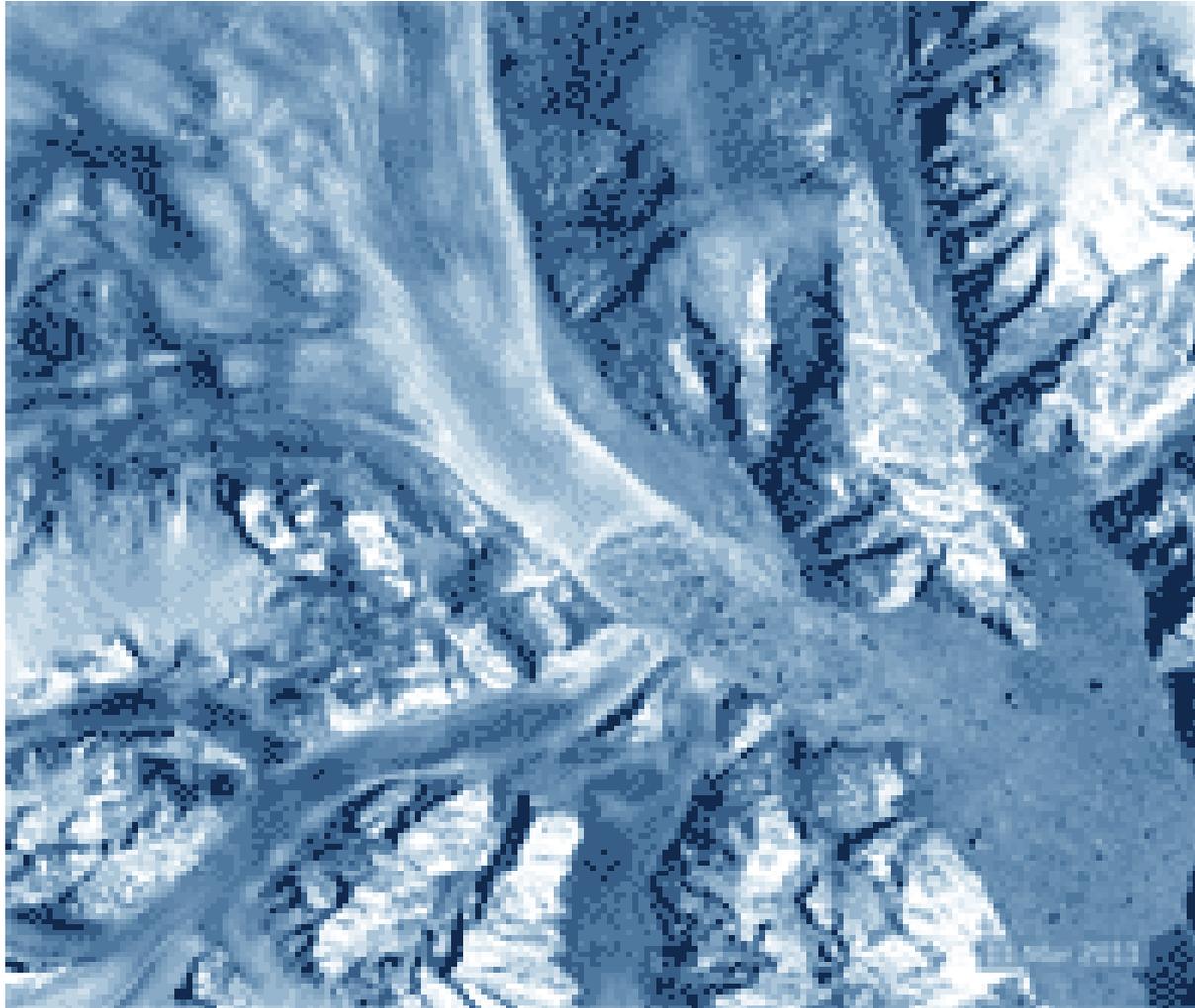
Diese Abbildung zeigt die schwimmenden Eisschollen in der Antarktis, welche durch die atmosphärische Erwärmung abgebrochen sind. Diese zerbrechen in tausend kleine Eisberge.

Aufnahme: Envisat's Advanced Synthetic Aperture Radar

Quelle: ESA, 2012 – Antarktis



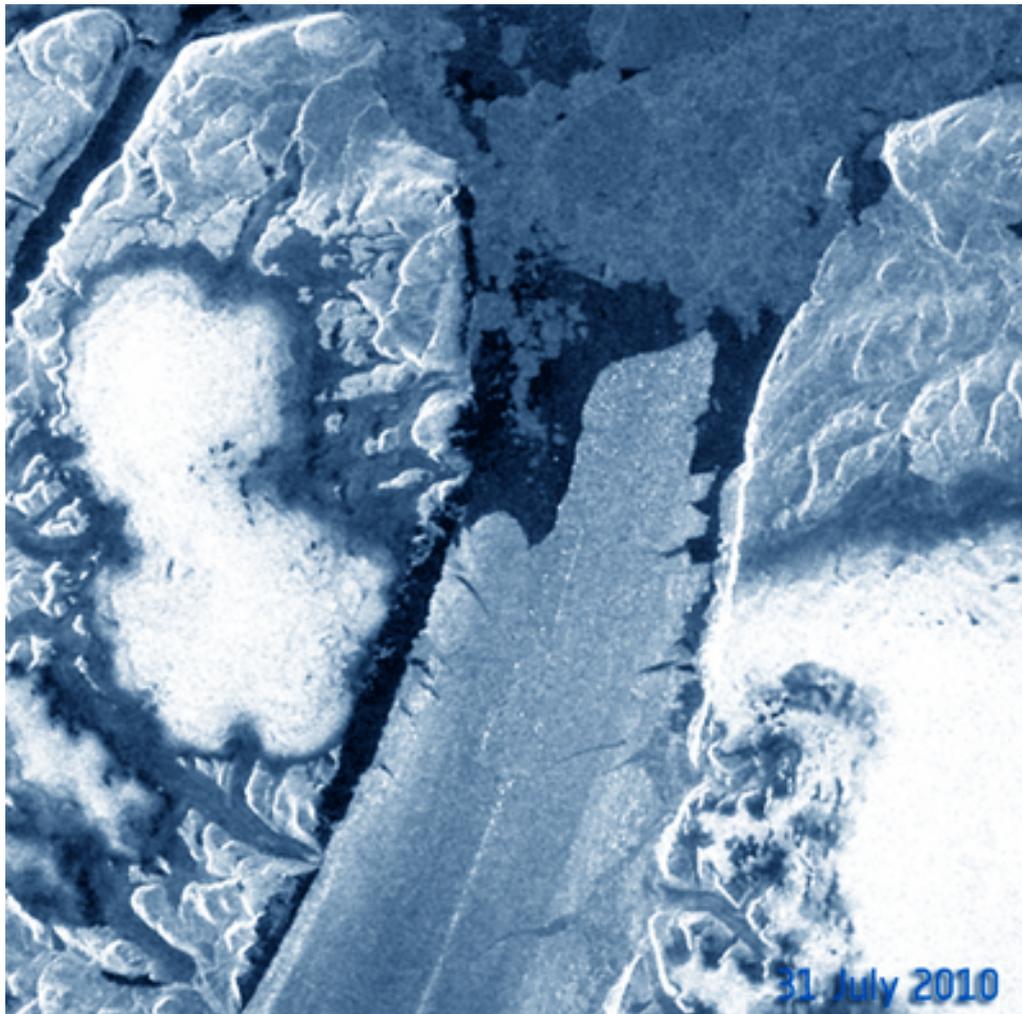
## Glaziologie



Diese Aufnahme zeigt die Situation einer Gletscherzunge. Anhand von seriellen Aufnahmen bzw. durch Animationen kann die exakte Fortbewegung dargestellt werden.

Quelle: ESA, 2012 - Kangerdlugssuaq

## Glaziologie



Die Abbildung zeigt den Abbruch des Petermann Gletschers ins Meer. Dieser Abbruch (Animation) bewegt sich in Richtung des neuen Eisbergs fort.

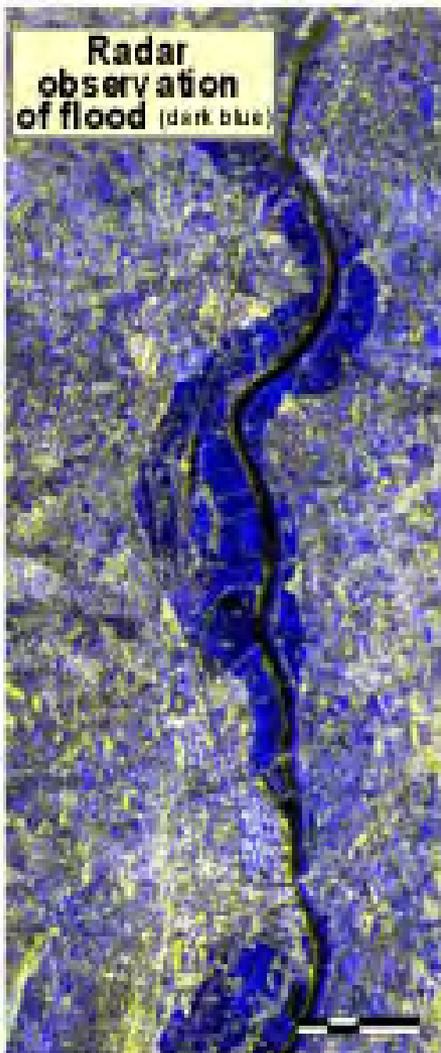
Aufnahme: Envisat Advanced Synthetic Aperture Radar (ASAR)

## Naturkatastrophen

Diese Abbildung zeigt die Rauchschwaden des Waldbrandes in Kalifornien 2007, welche durch den Wüstenwind aufs Meer getragen werden. Nach dem Waldbrand kann das Schadensausmaß ermittelt werden.

Aufnahme durch MERIS

## Naturkatastrophen



Diese drei Bilder  
zeigen Überschwemmungen  
in Frankreich im Jahr  
2001.

## Beiträge der Fernerkundung zur Erfassung des globalen Wandels

- Anwendungen ein Überblick
- Anwendung am Institut für Geographie und Raumforschung
  - Gletschermonitoring
  - Naturkatastrophen: Rutschungen / Vulkanlandschaft Ätna

# Gletschermonitoring



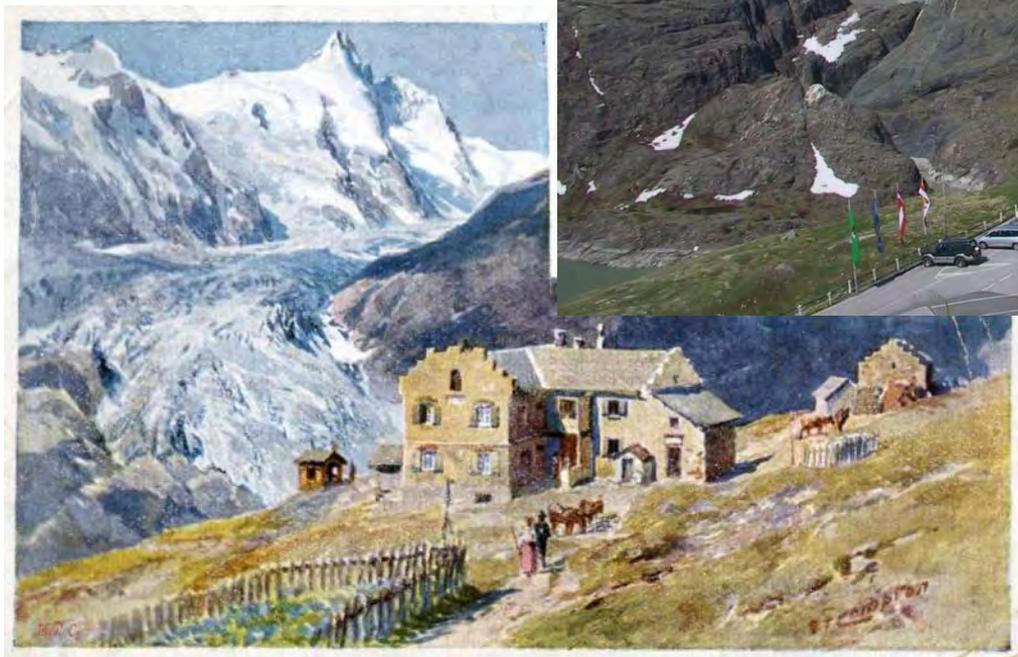
Pasterze

## Pasterze

2005



1900





1938



2000



2007

## Pasterze Hufeisenbruch und Johannisberg



1976



2006

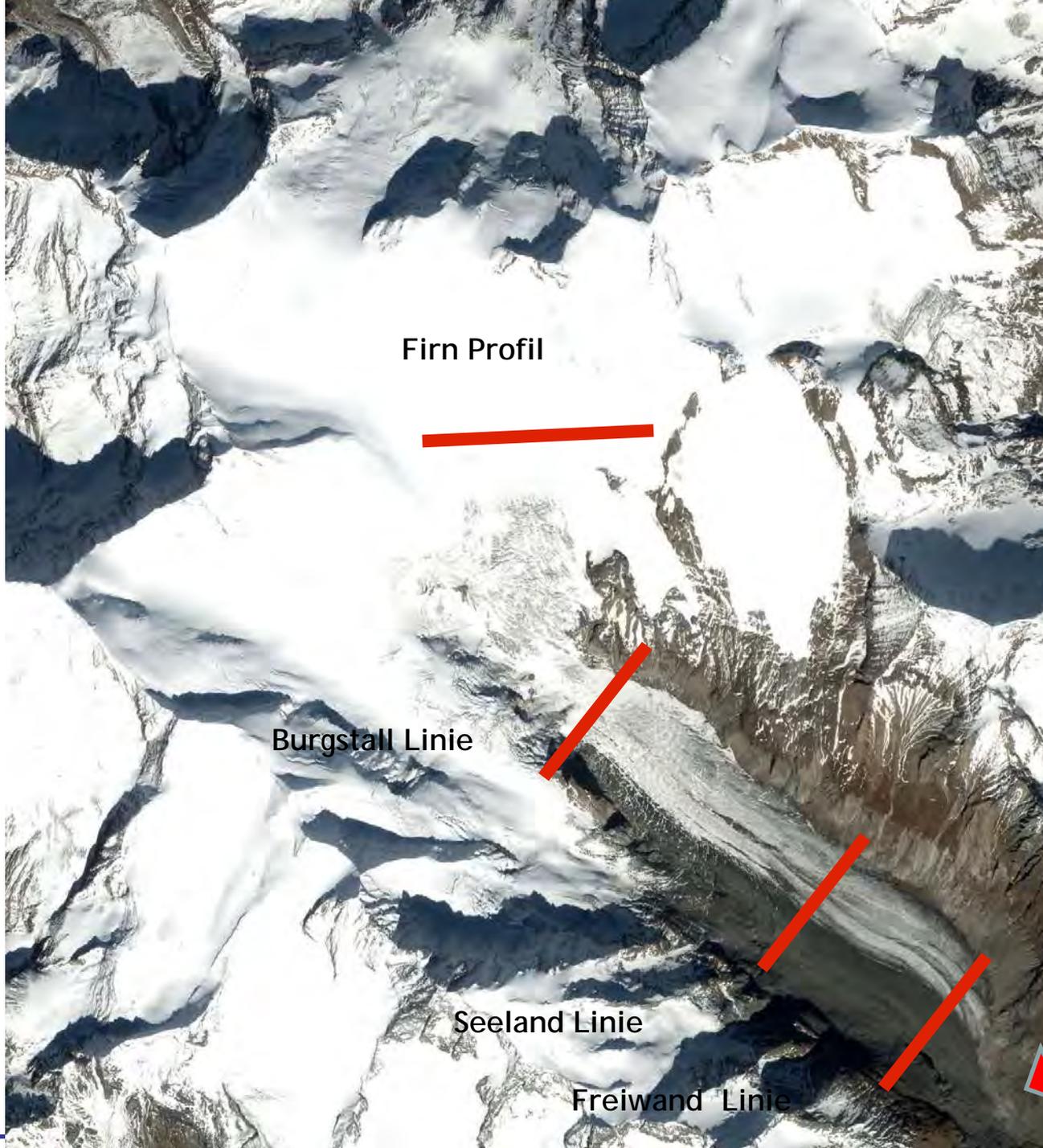


# Traditionelle Methoden der Messungen an der Pasterze

seit 1879

- Länge
- Profile/Höhe
- Volumen
- Geschwindigkeit





Firn Profil

IKONOS  
2001

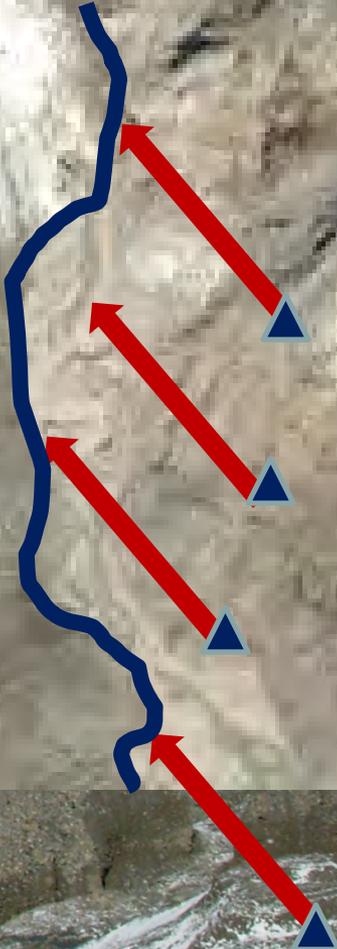
Burgstall Linie

Seeland Linie

Freiwand Linie

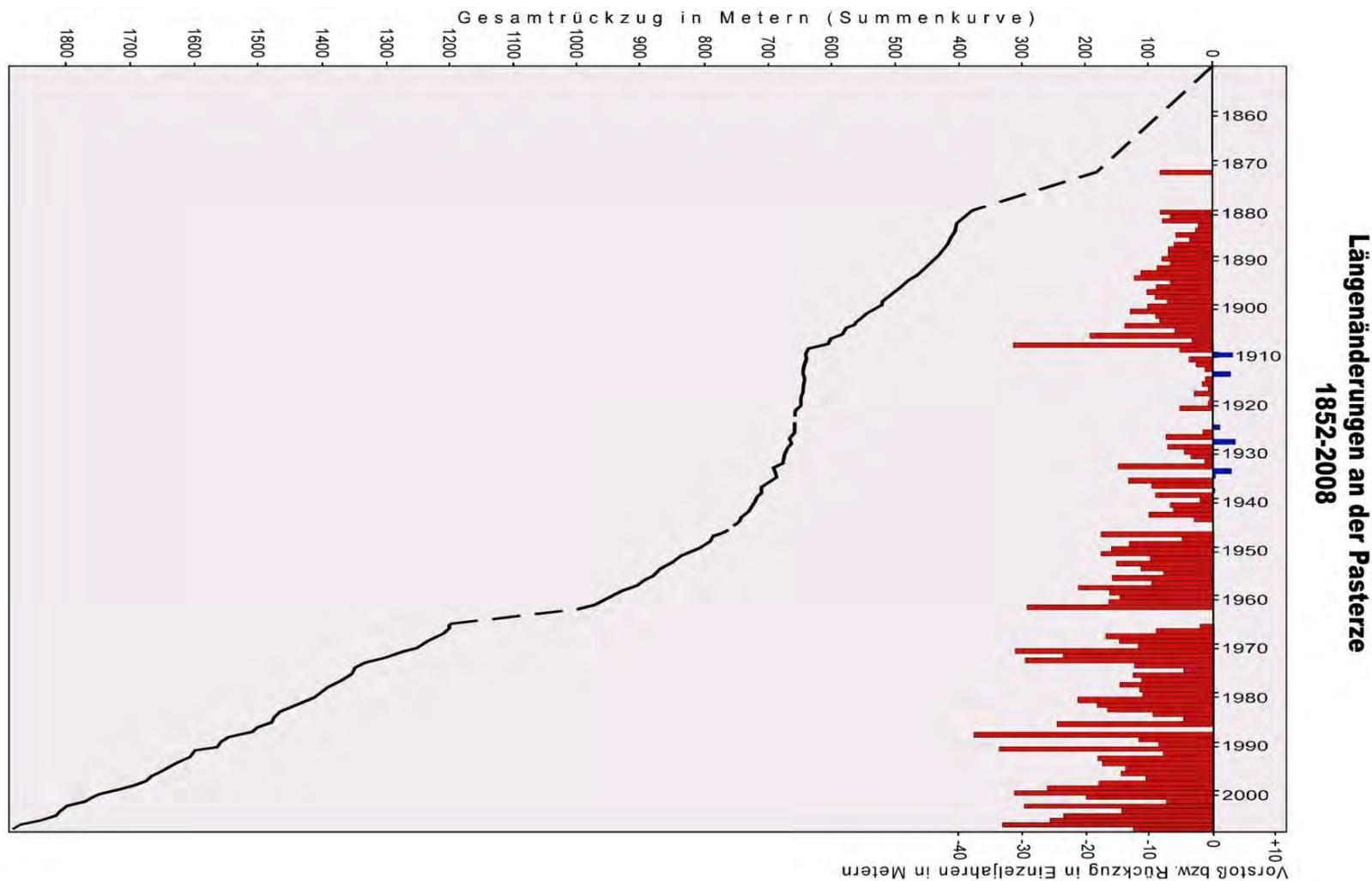


# Längen Messungen





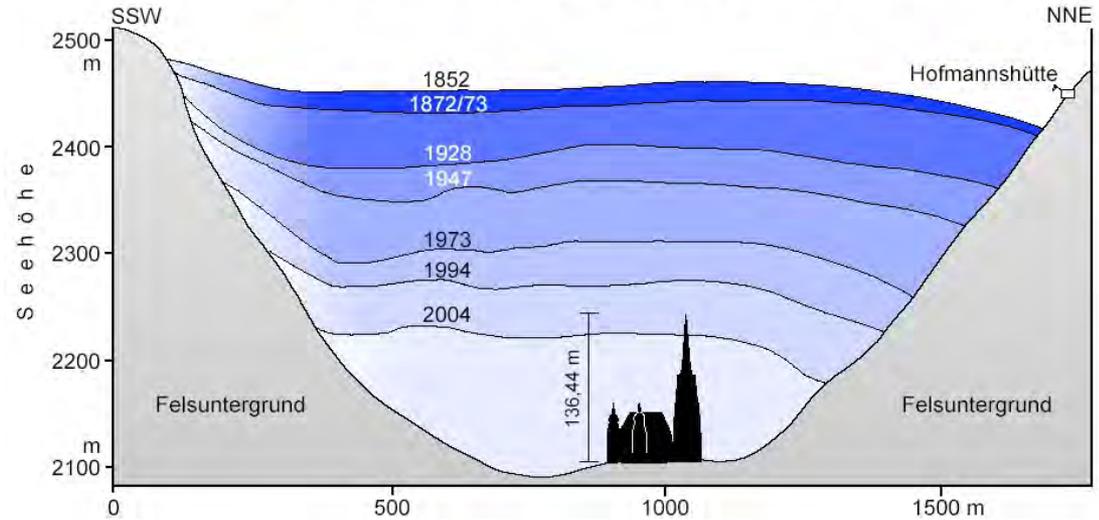




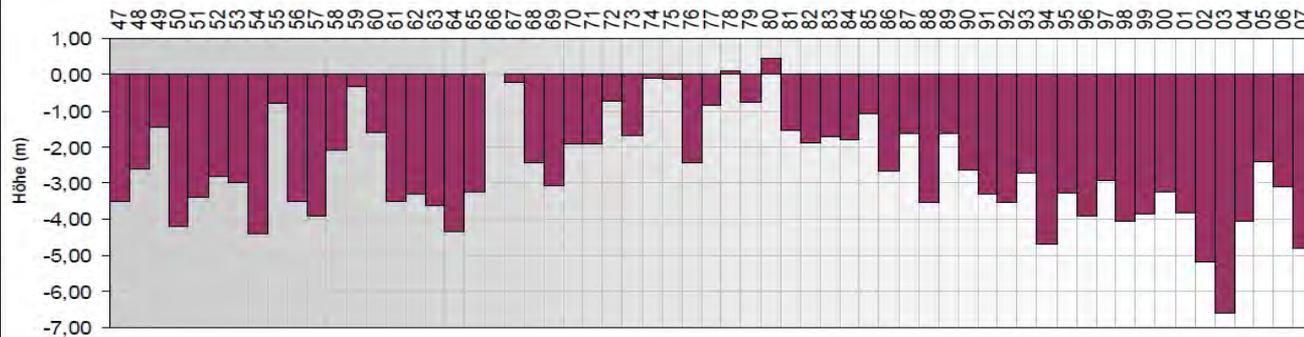
Length changes of Pasterze 1852-2008

# Profil Messungen

Querprofil durch die Zunge der Pasterze entlang der Seelandlinie  
(verschiedene Gletscherstände von 1852 bis 2004, doppelt überhöht)



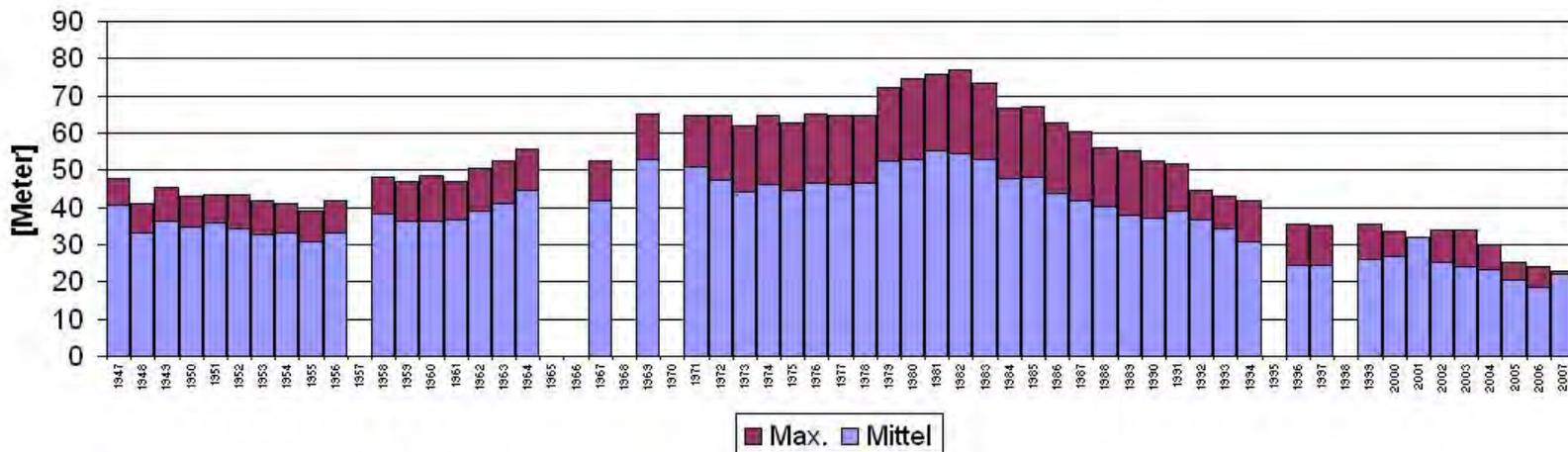
Mittlere Höhenänderung der Pasterze nach Einzeljahren



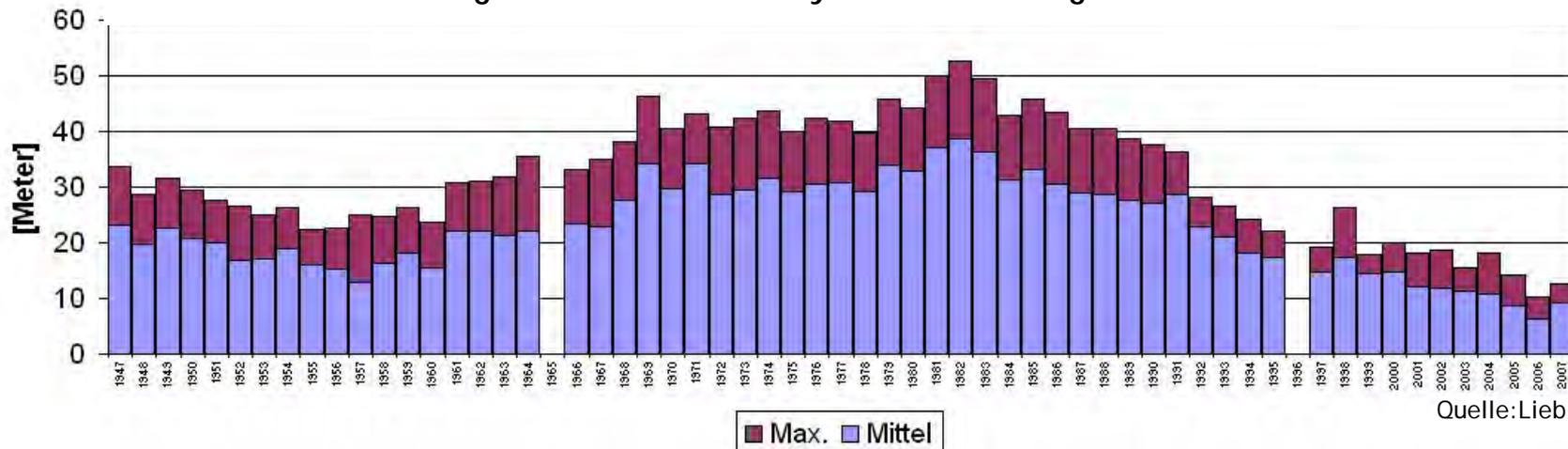
Average height changes of Pasterze in years

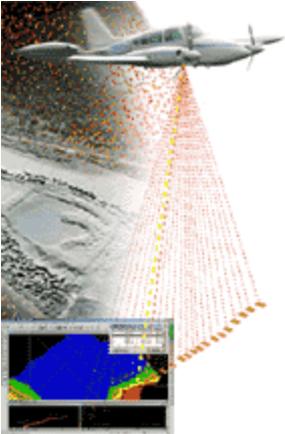
## Gewschwindigkeitsmessungen

Average and maximum way of stones along Burgstall Line

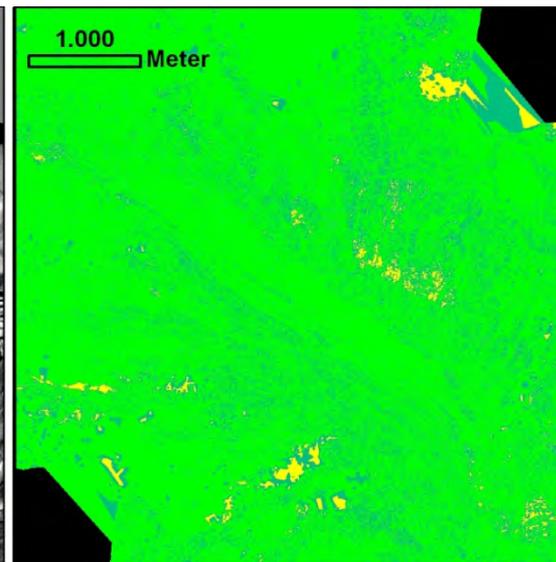


Average and maximum way of stones along Seeland Line

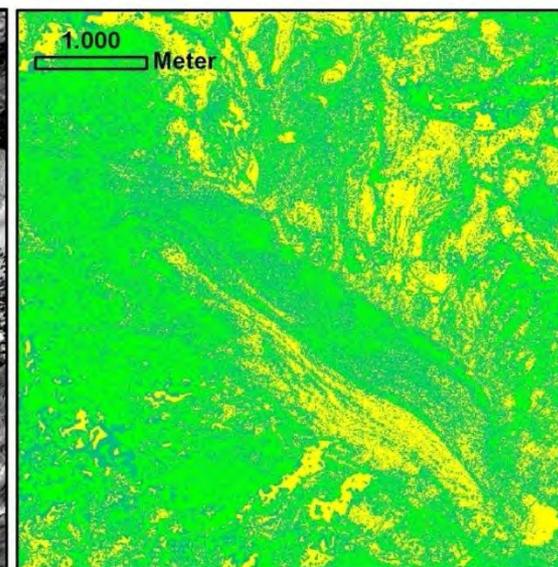
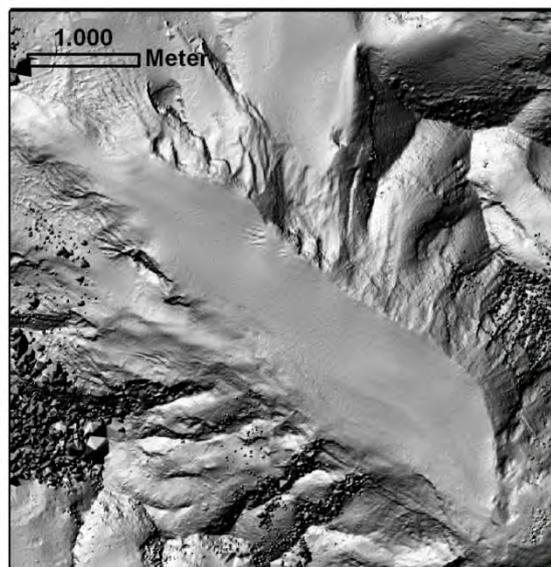




Hillshade and  
Quality Map,  
Resolution: 5m  
(Lubis 2006).



Hillshade und  
Quality Map,  
Resolution: 5m  
(Lubis 1982).





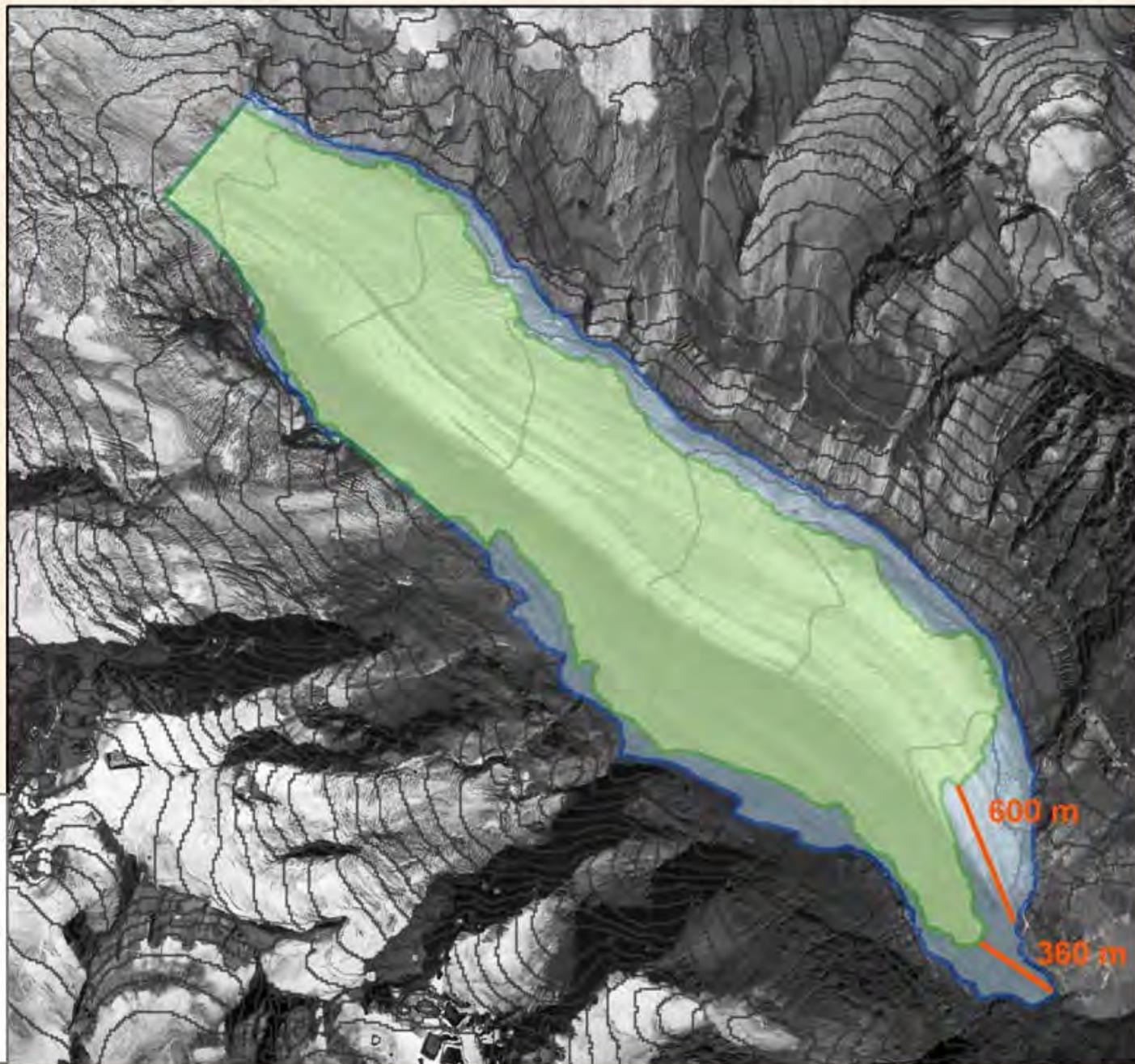
## Längen- und Flächen- änderung der Pasterze 1982 - 2006

-  Gletscherstand 2006
-  Gletscherstand 1982
-  Längenänderung

1:30.000

0 125 250 500 750 1.000  
Meters

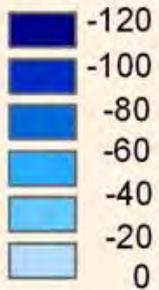
Projektion: Gauß-Krüger, M31  
Grundlage: Orthophoto 1982  
Quelle: Luftbilder (BEV)  
Äquidistanz: 60 m  
Bearbeitung: Linda Moser



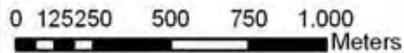


# Höhenänderung der Pasterze 1982 - 2006

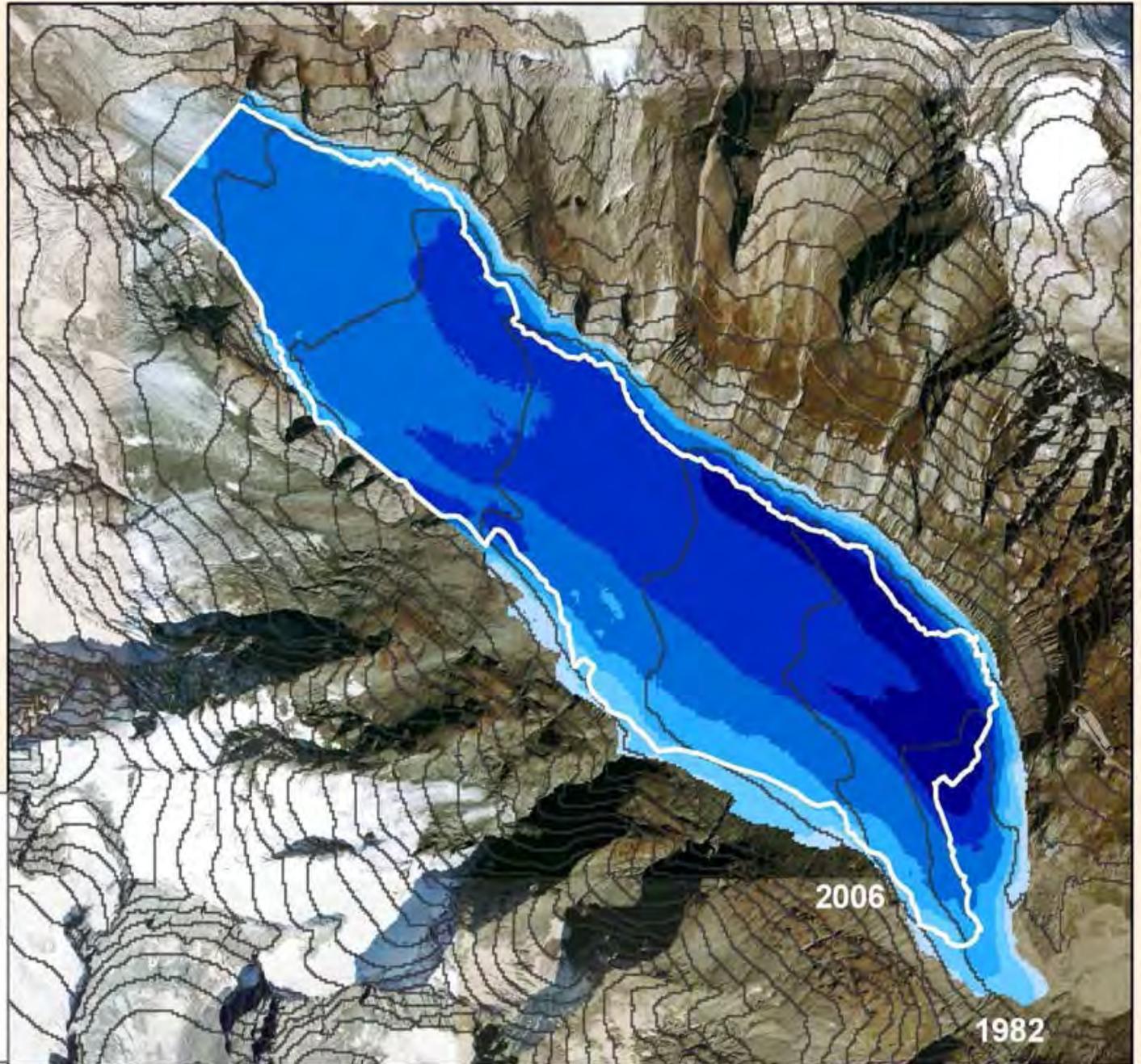
[m]

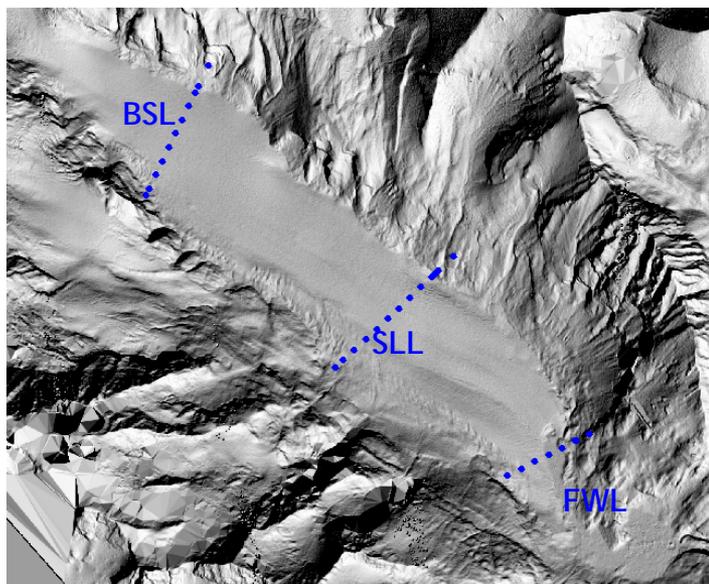


1:30.000



Projektion: Gauß-Krüger, M31  
Grundlage: Orthophoto 2006  
Quelle: Luftbilder (BEV)  
Äquidistanz: 60 m  
Bearbeitung: Linda Moser





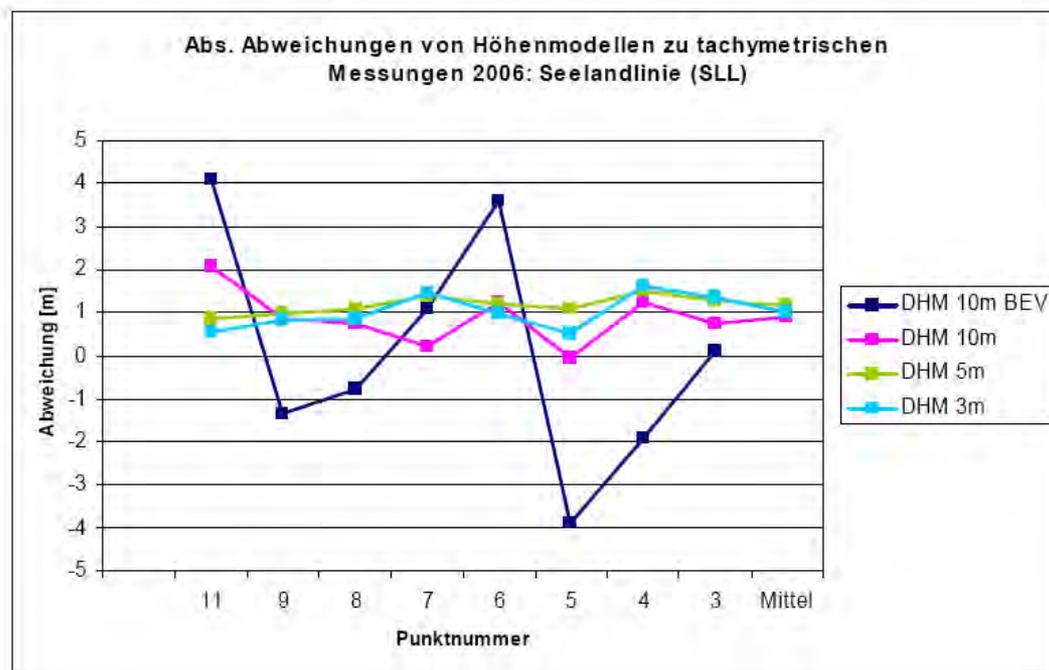
Absolute deviation: Seelandline 2006  
Tachymetric Measurements = Zero-  
Line

## Profile:

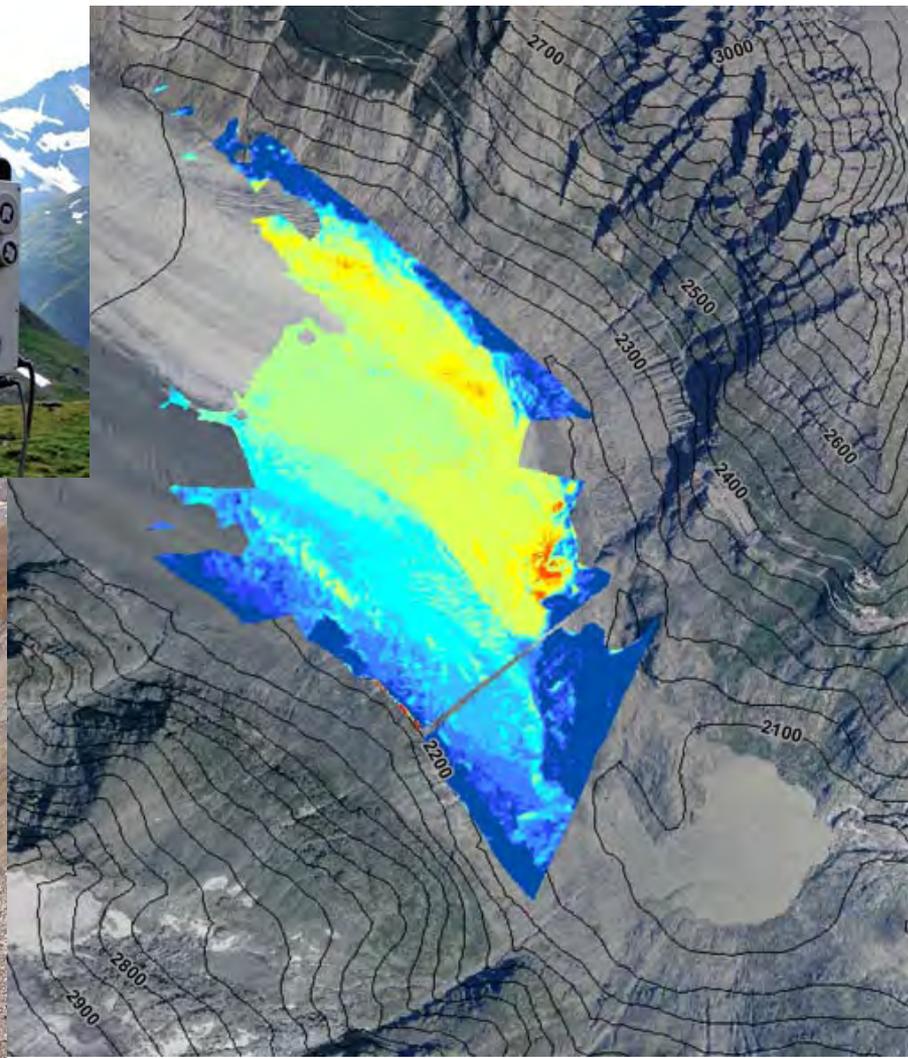
Theoretic Accuracy (z)

$\pm 1,55$  m (Year 2006)

$\pm 1,65$  m (Year 1982)



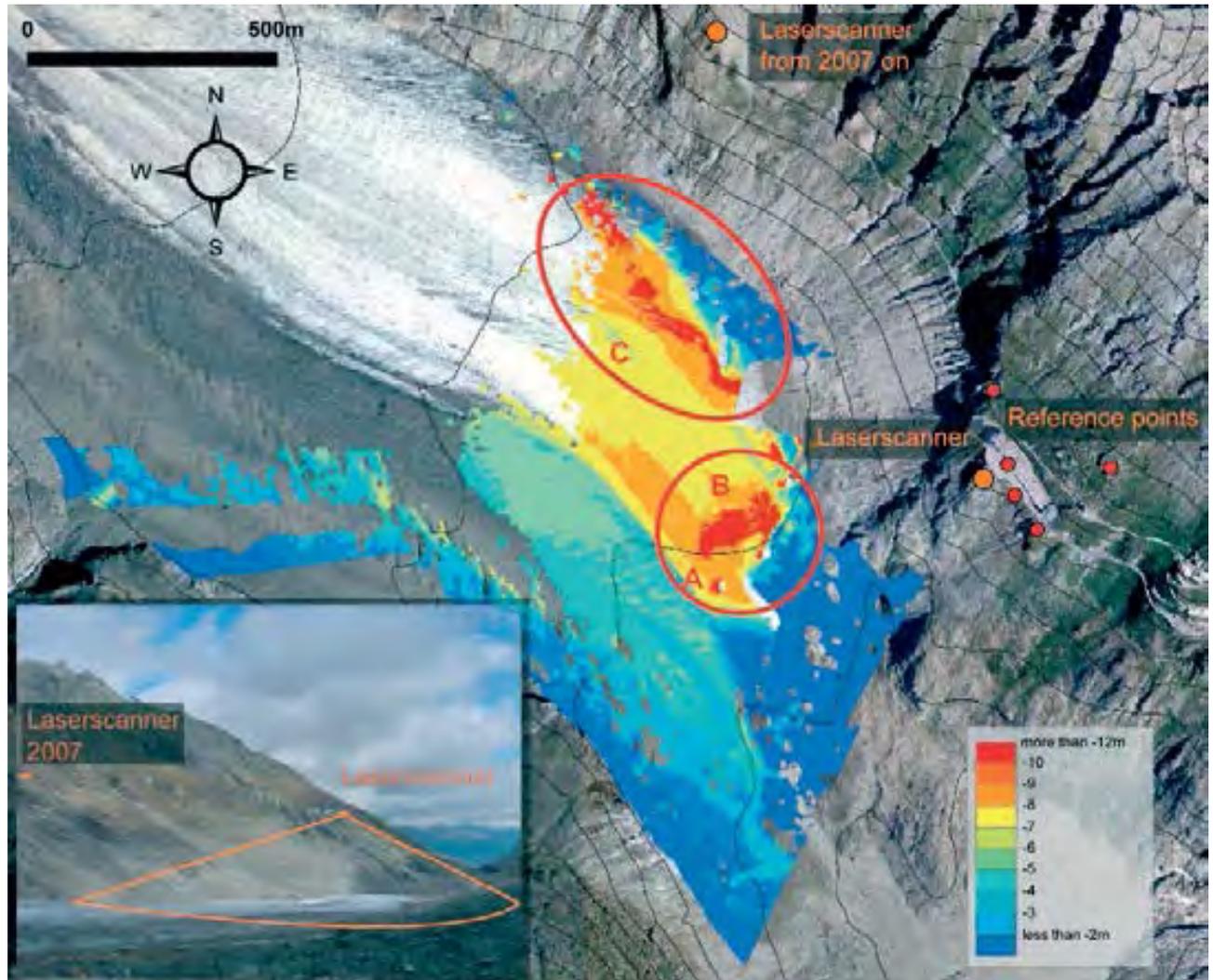
## Laserscanning



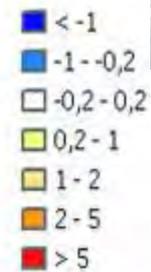
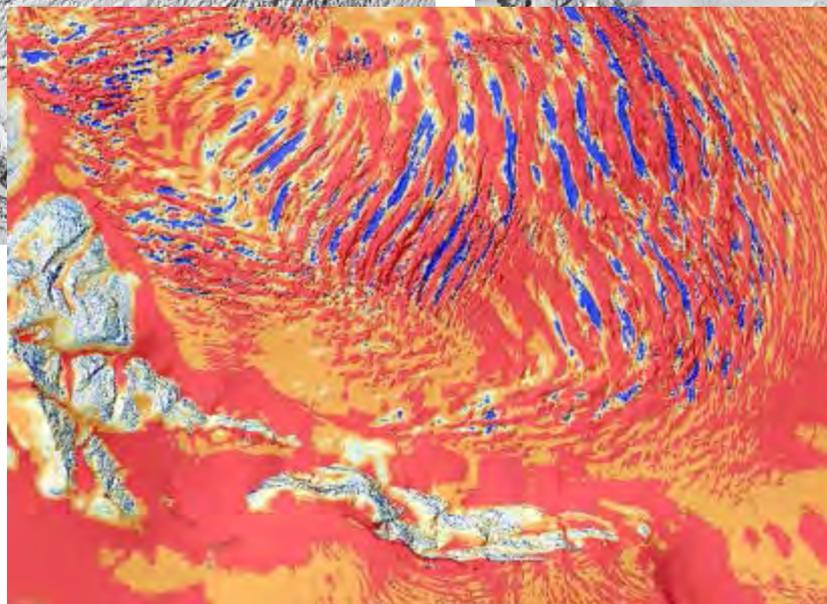
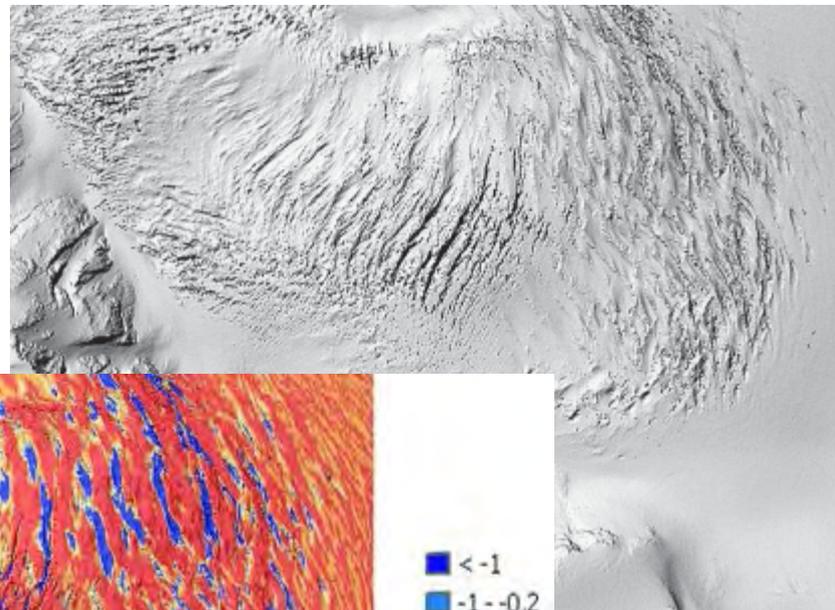
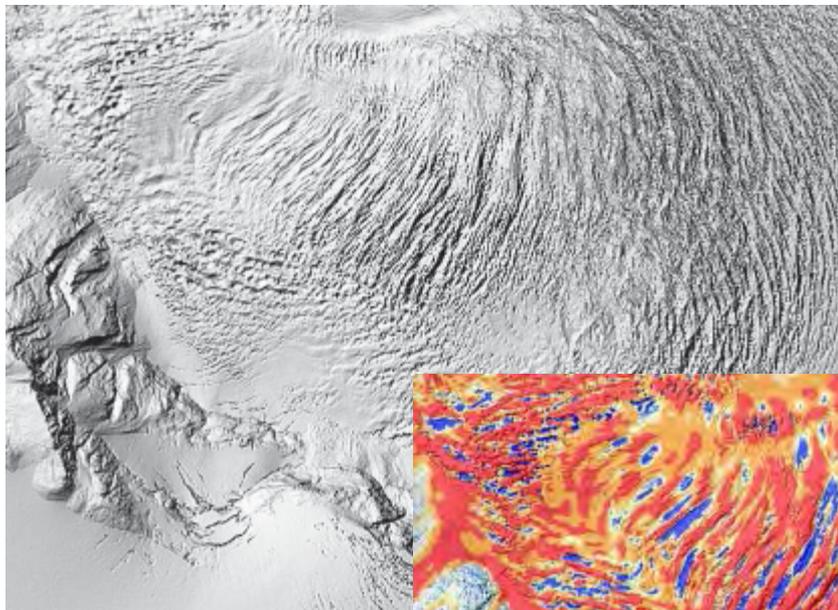
## 4. Methods and Applications

### Laserscanning

Surface changes 2004/2005

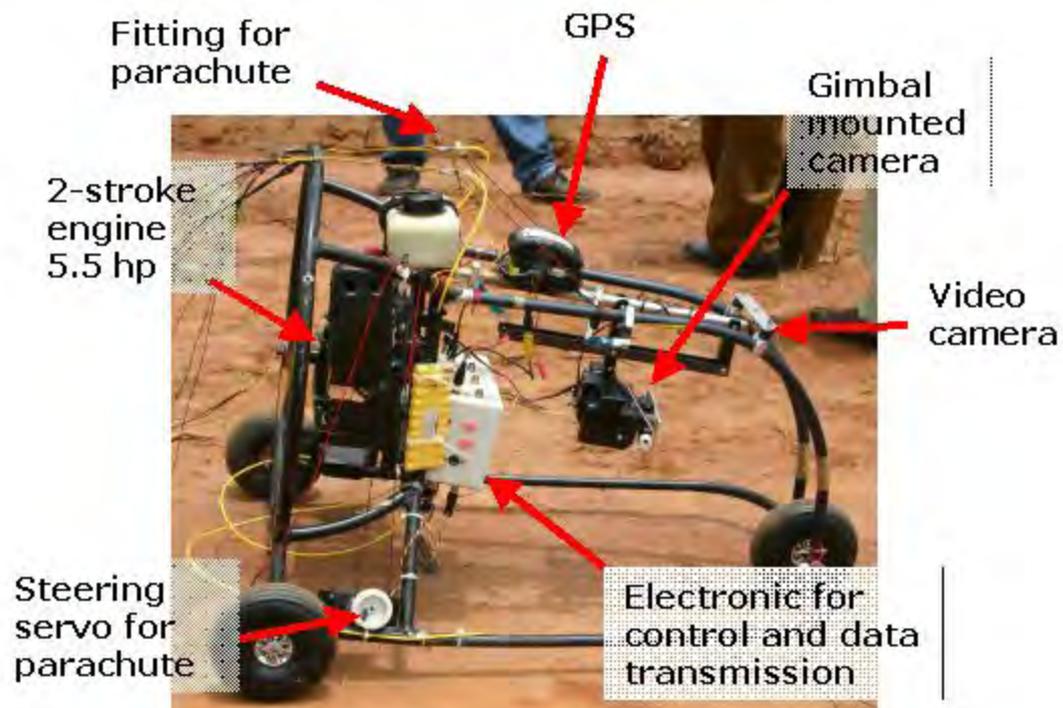


## Airborne Laserscanning

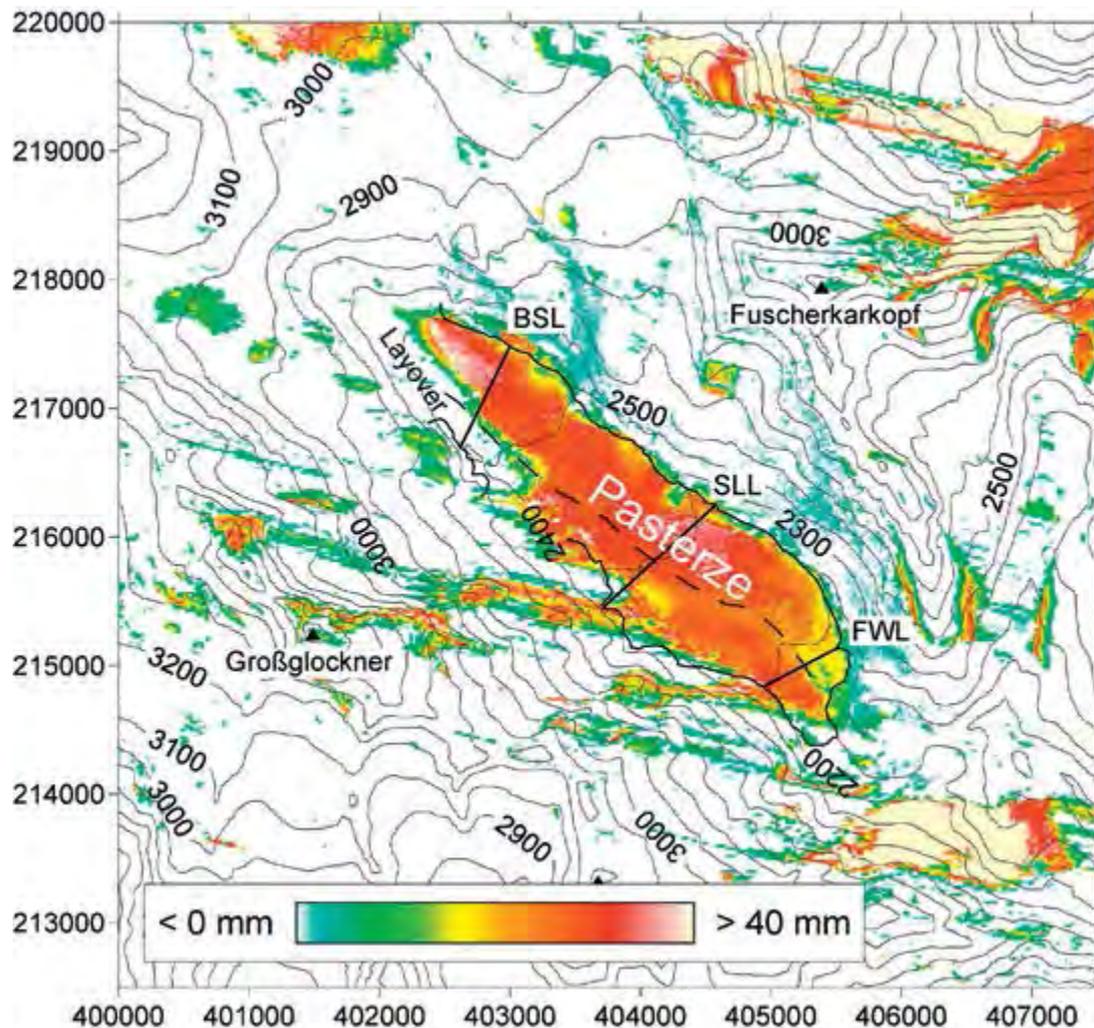




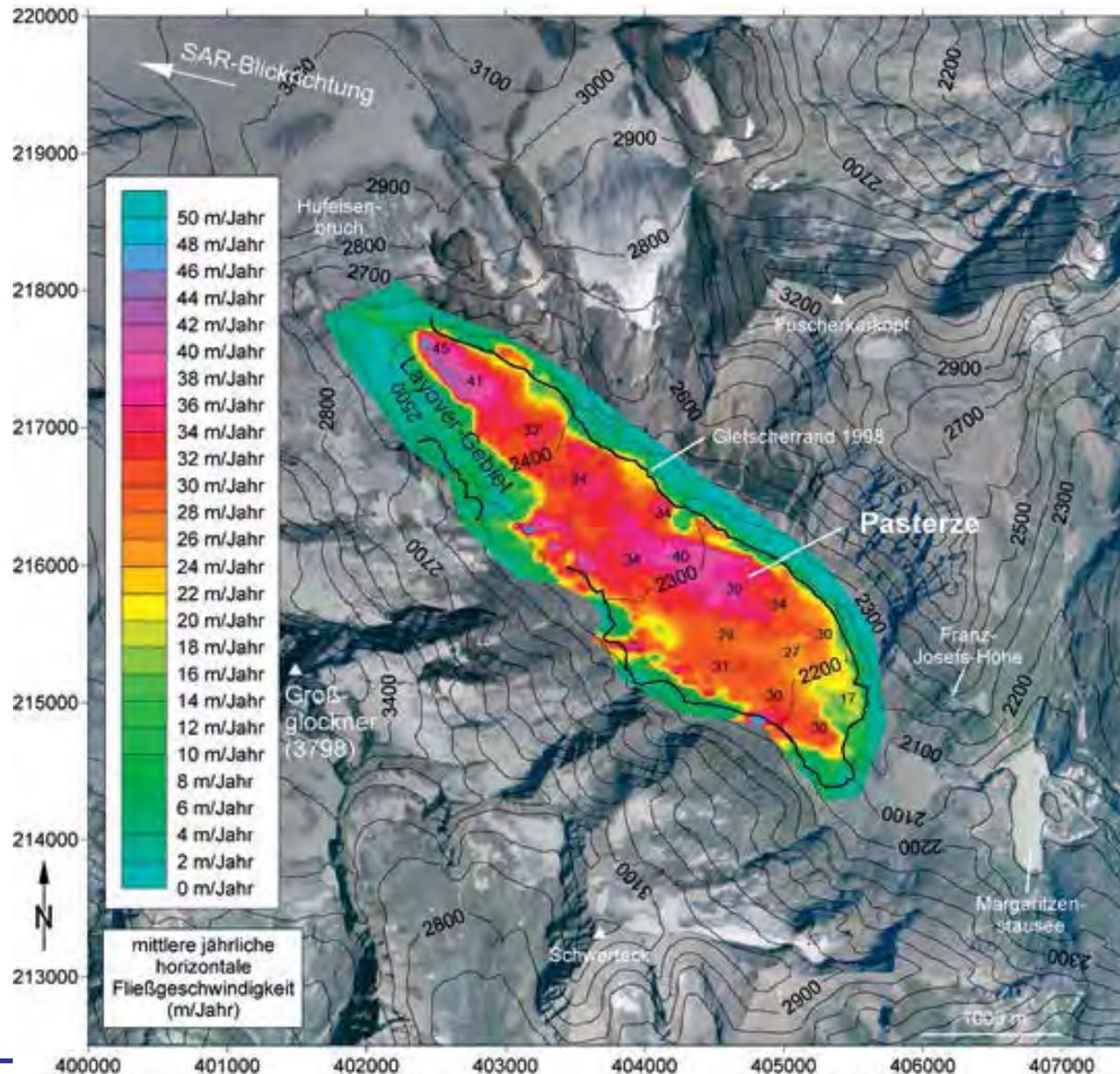
## Flugdrohne:



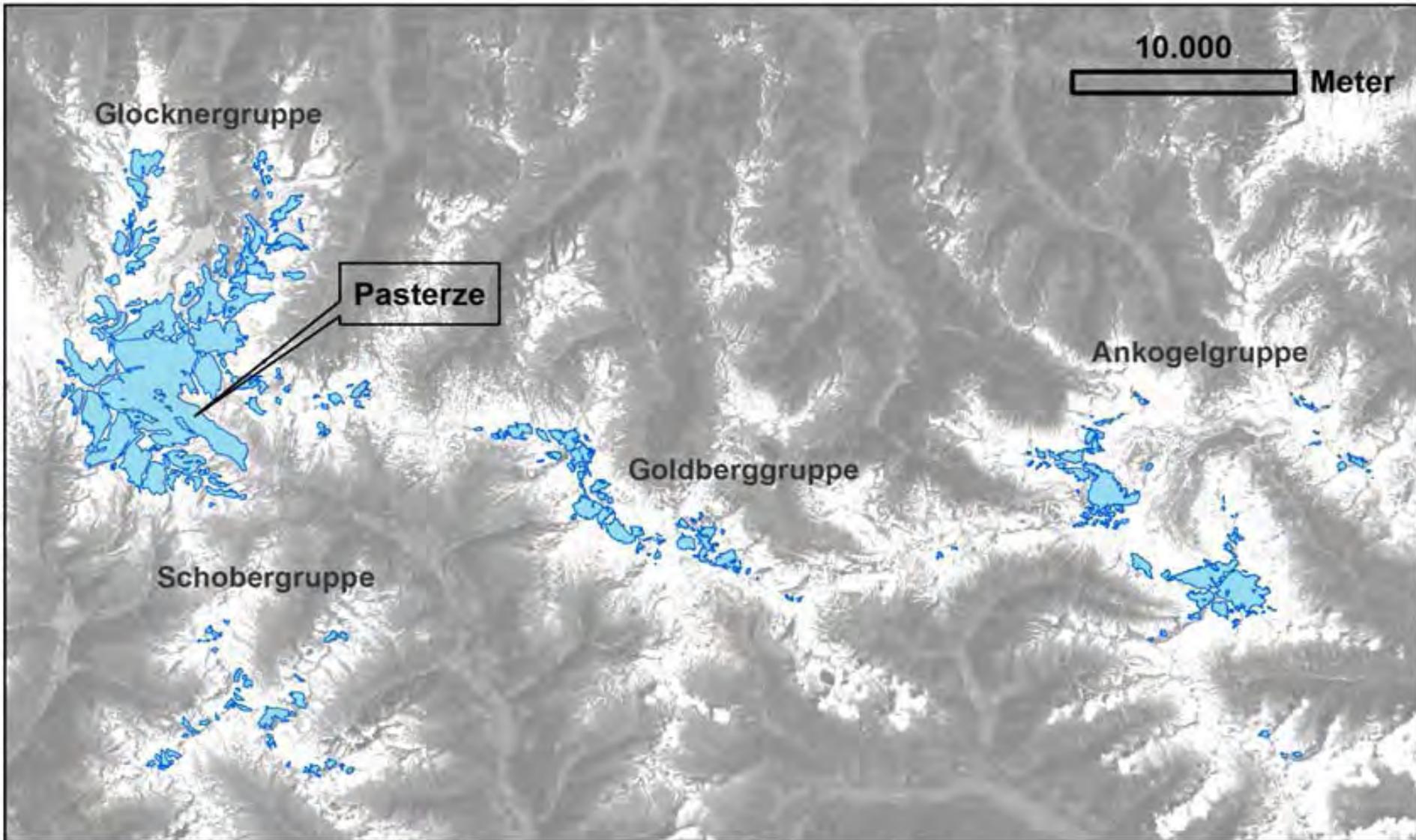
## Geokodiert differential SAR-Interferogramm of Orbit-image pair 20.8.-21.8.1995



Geschwindigkeit: 20.8.1995-21.8.1995



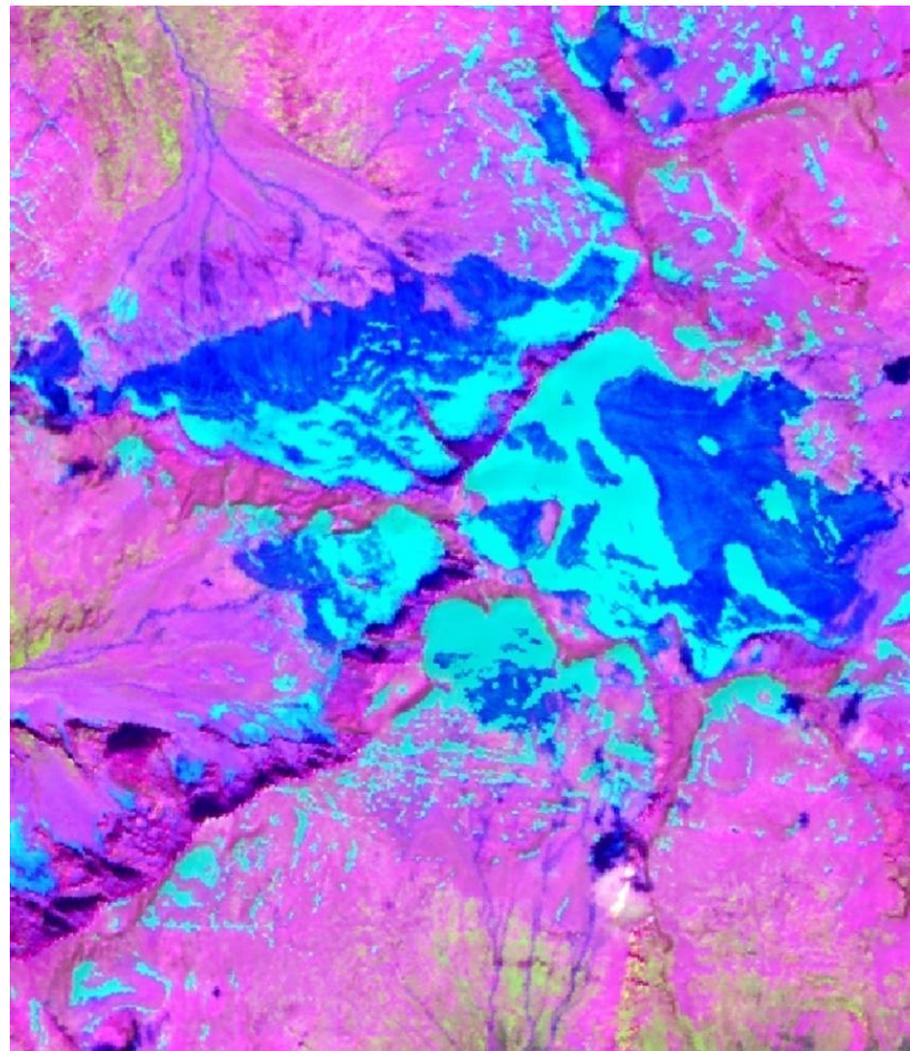
(source:  
Kaufmann et al.)

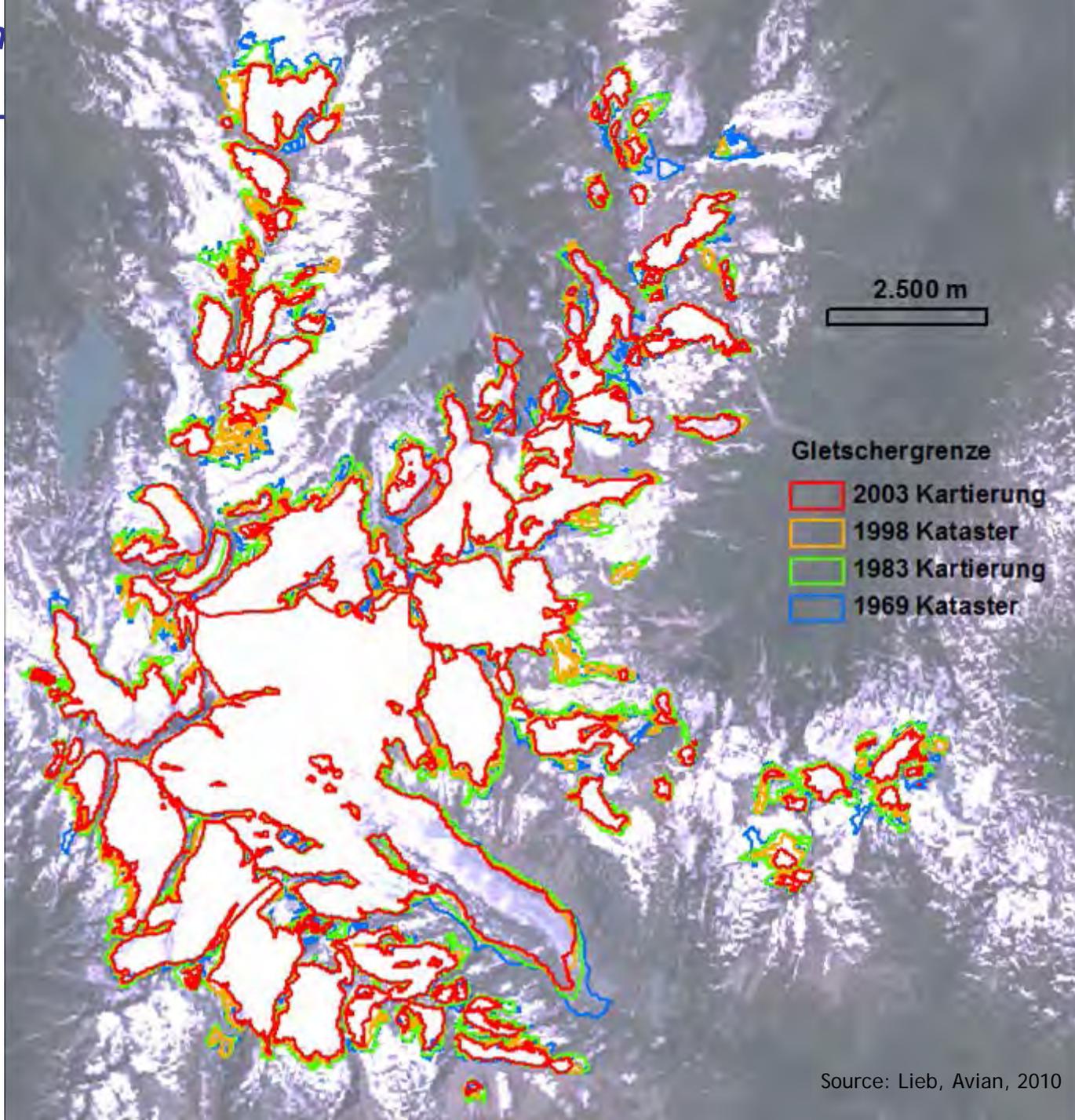


Investigation Area (3540 km<sup>2</sup>)  
Glaciated Area (77,3 km<sup>2</sup>)  
Focus: Pasterze (17,5 km<sup>2</sup>)

SPOT-5 2003

Orthofotos 1998





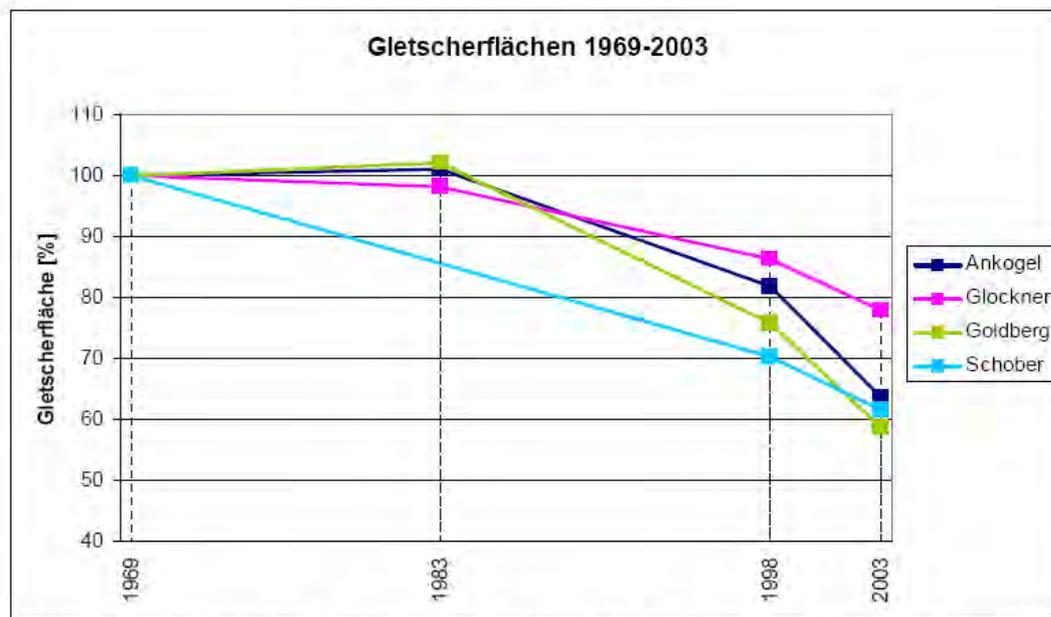
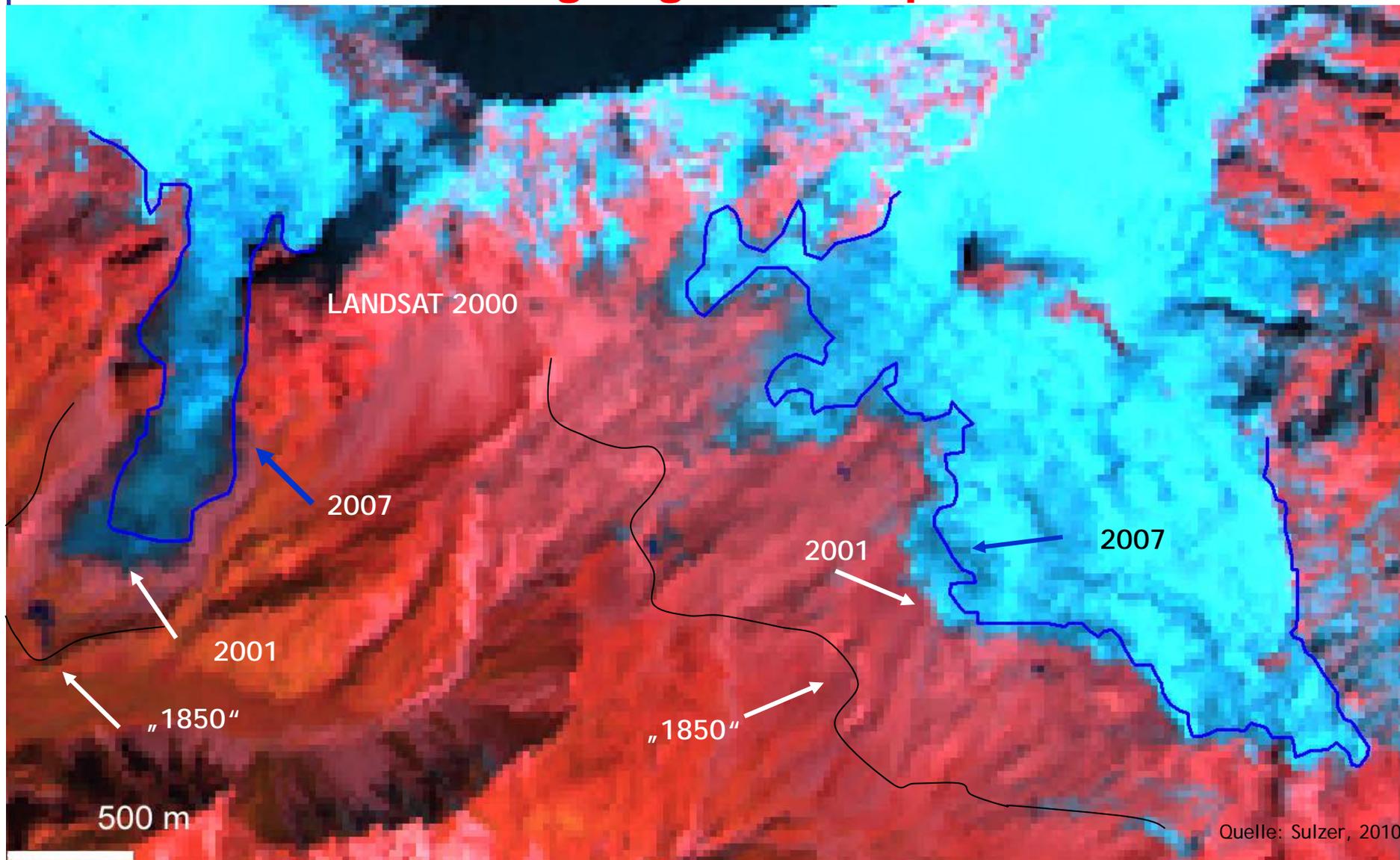


Abb. 94: Anteil vorhandener Gletscherflächen, ausgehend vom Jahr 1969 (eigene Kartierung und Gletscherkataster).

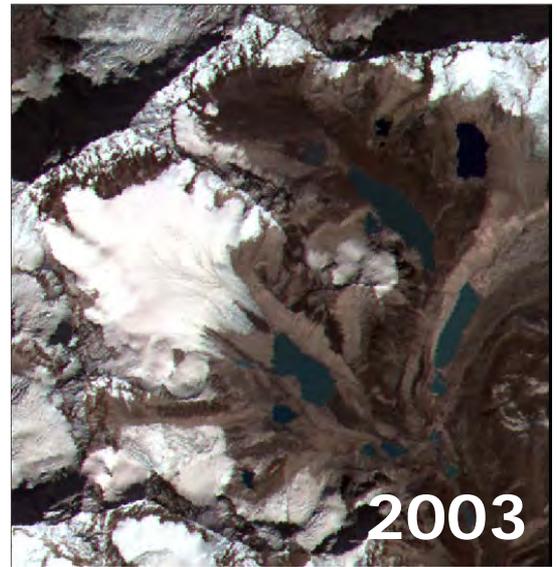
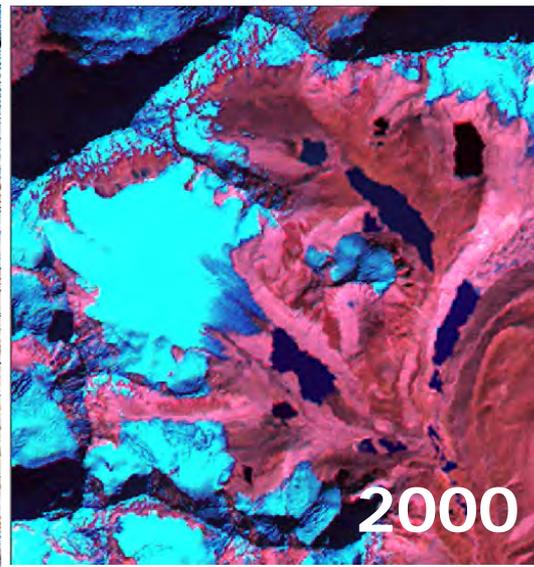
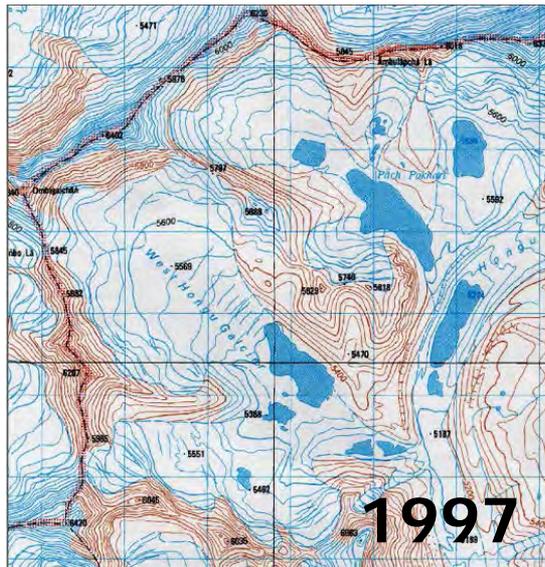
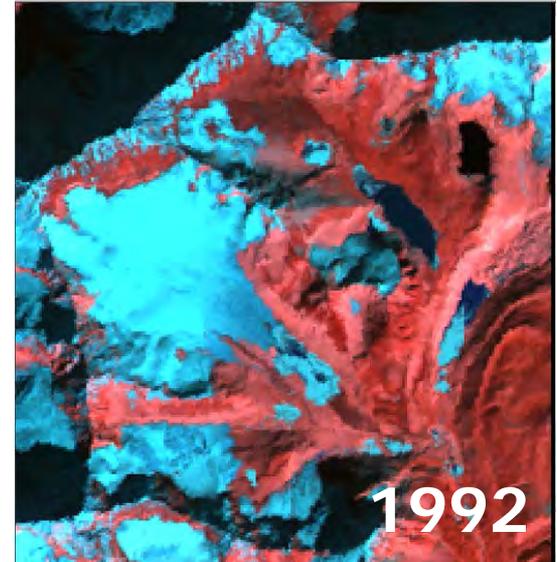
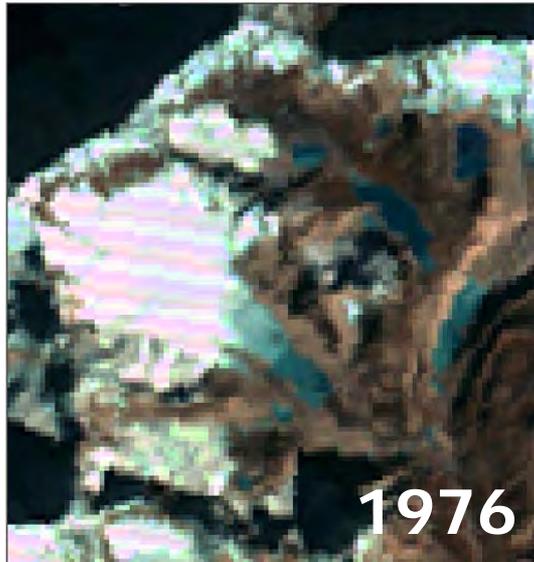
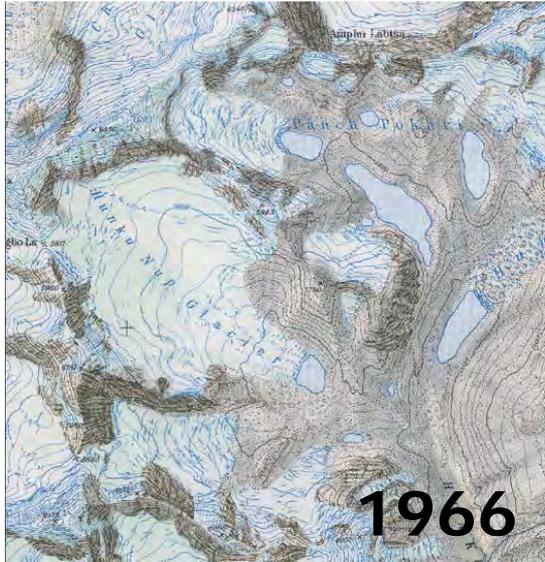
Anteil Fläche [%]	1969 <sup>2</sup>	1983 <sup>1</sup>	1998 <sup>2</sup>	2003 <sup>1</sup>
Ankogel	100 %	101,1 %	82,0 %	63,7 %
Glockner	100 %	98,1 %	86,4 %	78,0 %
Goldberg	100 %	102,2 %	75,8 %	58,6 %
Schober	100 %	.	70,3 %	61,5 %

Tab. 25: Anteil vorhandener Gletscherflächen, ausgehend von 1969 (eigene Kartierung<sup>1</sup> und Gletscherkataster<sup>2</sup>)

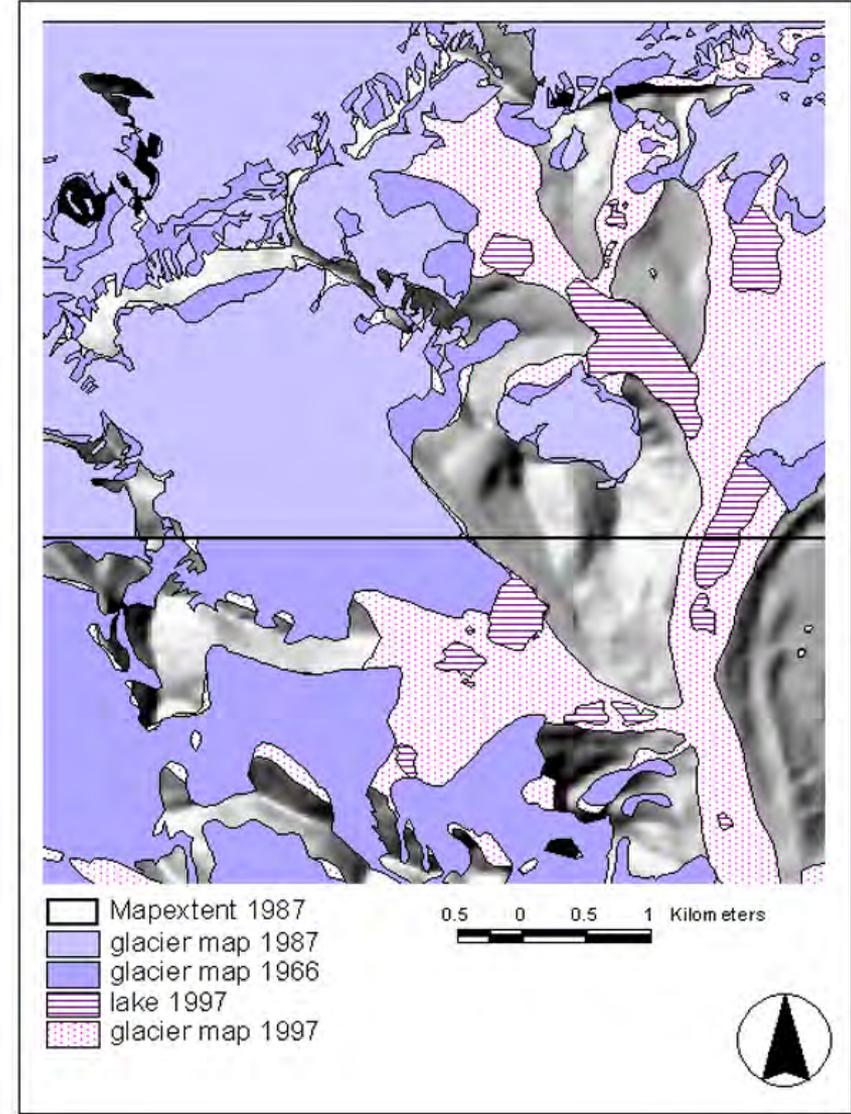
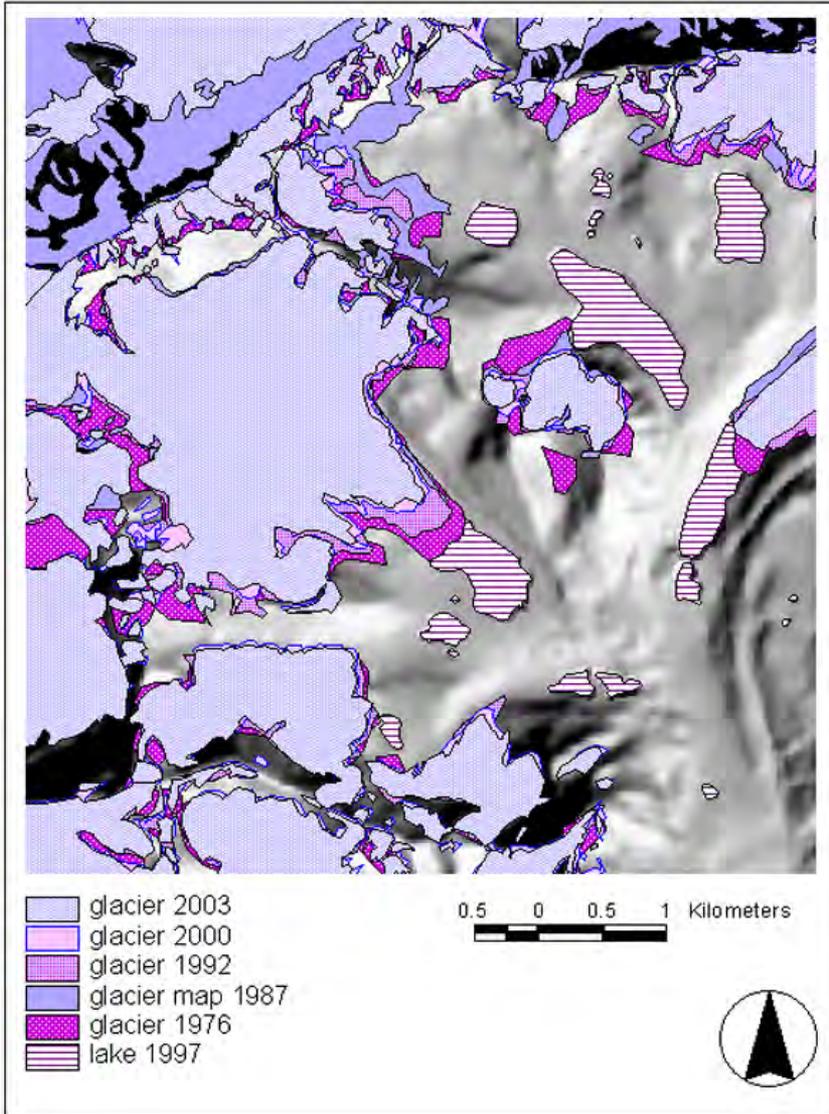
## Langtang Himal Nepal



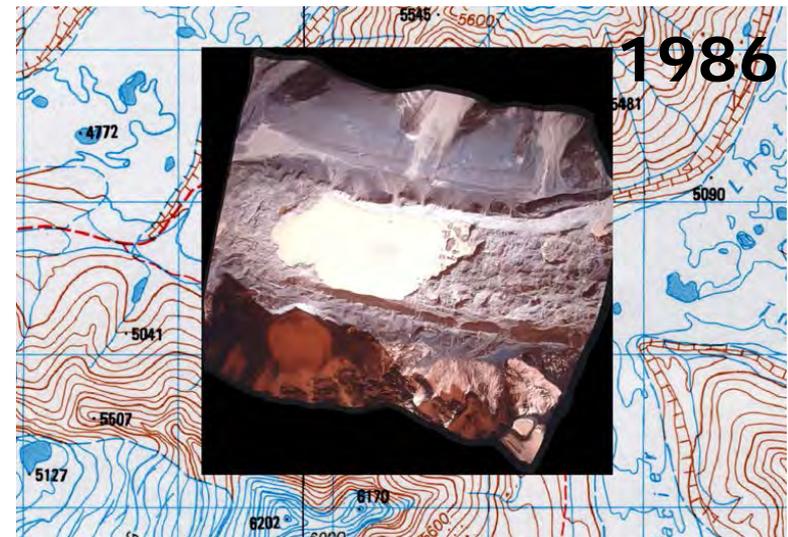
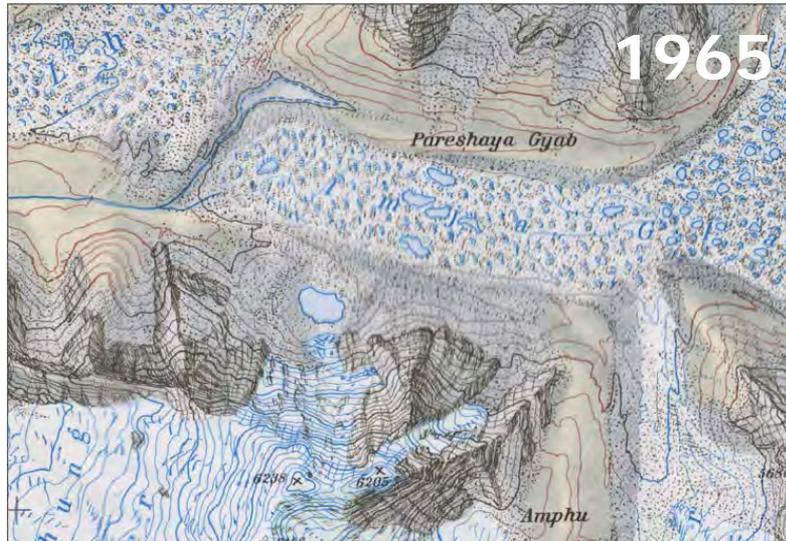
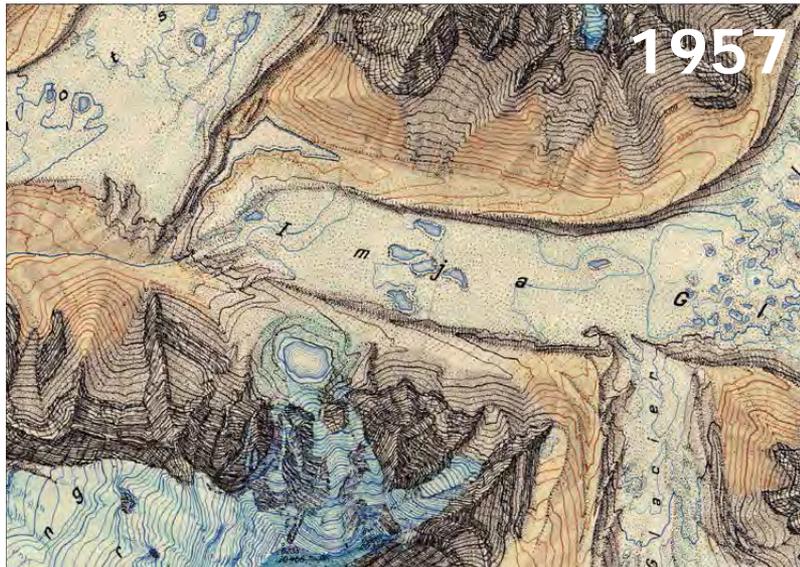
HONKU – Khumbu Himal



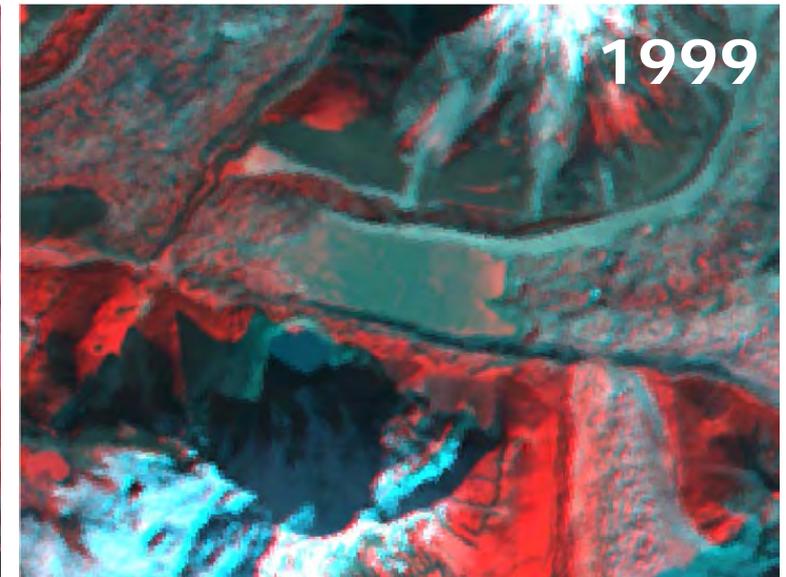
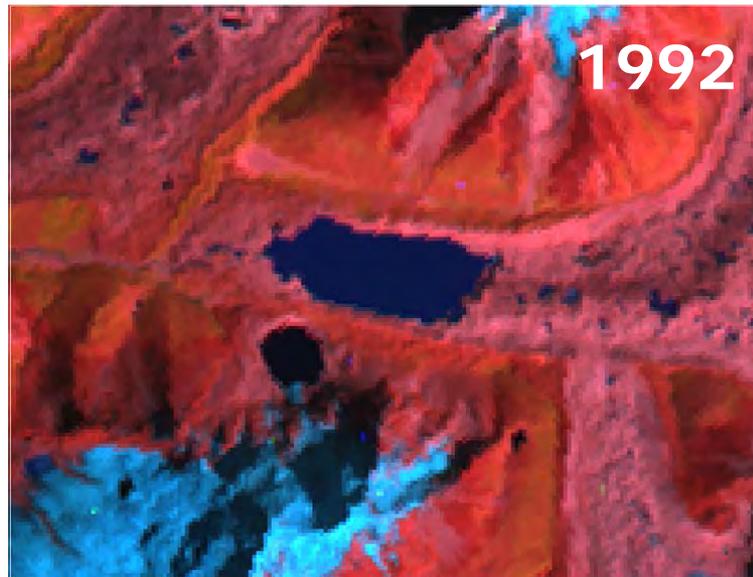
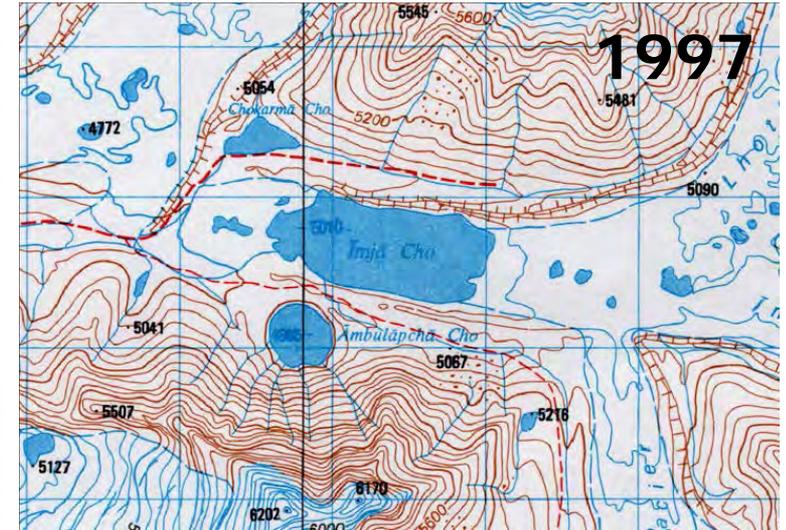
HONKU – Khumbu Himal



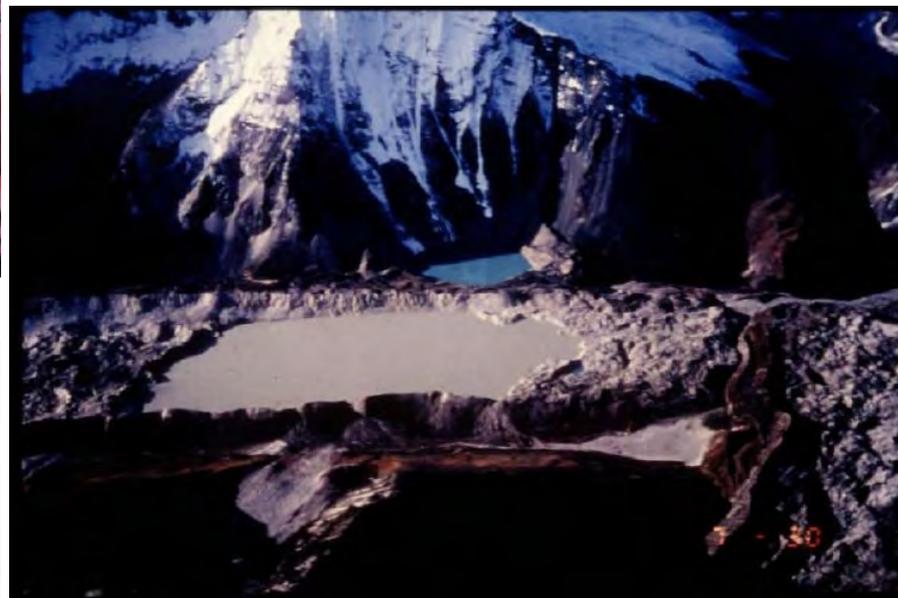
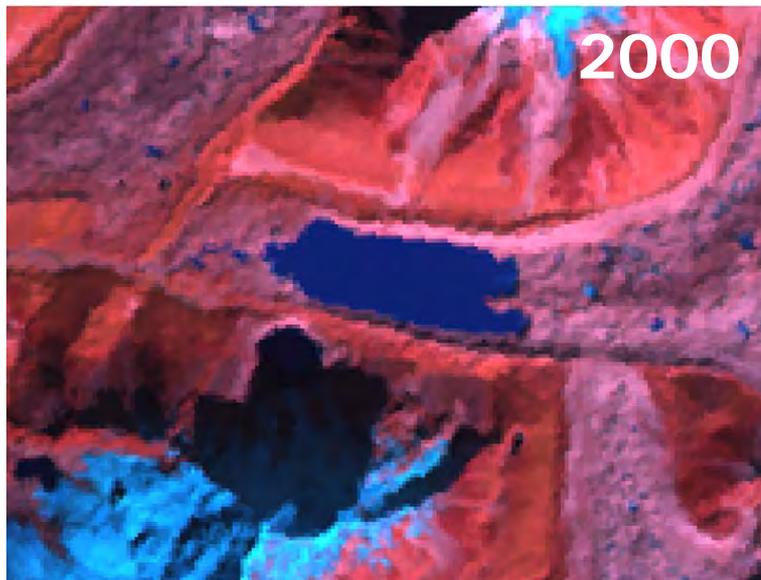
# Imja Tso Khumbu HIMAL



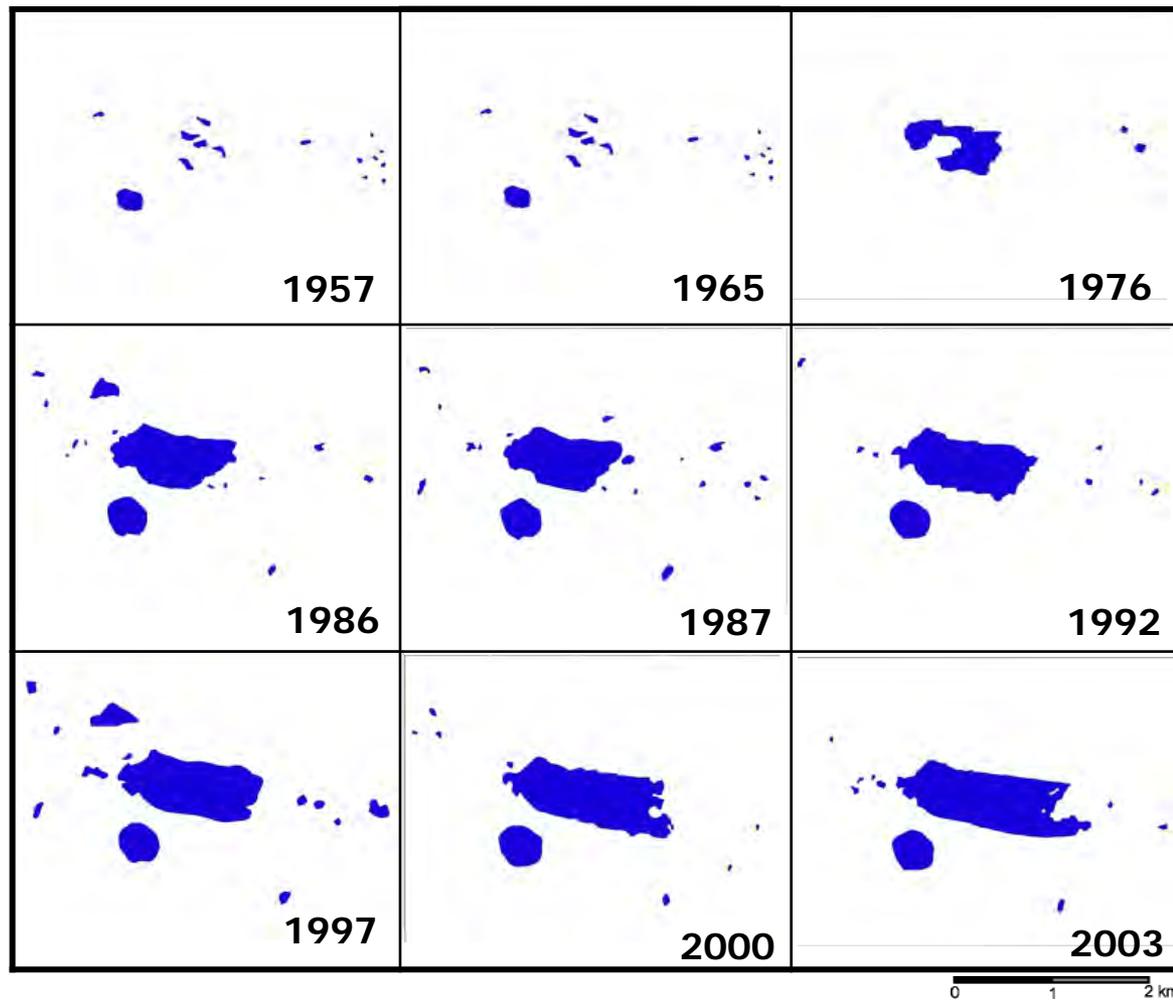
# Imja Tso Khumbu HIMAL



# Imja Tso Khumbu HIMAL



# Imja Tso Khumbu HIMAL





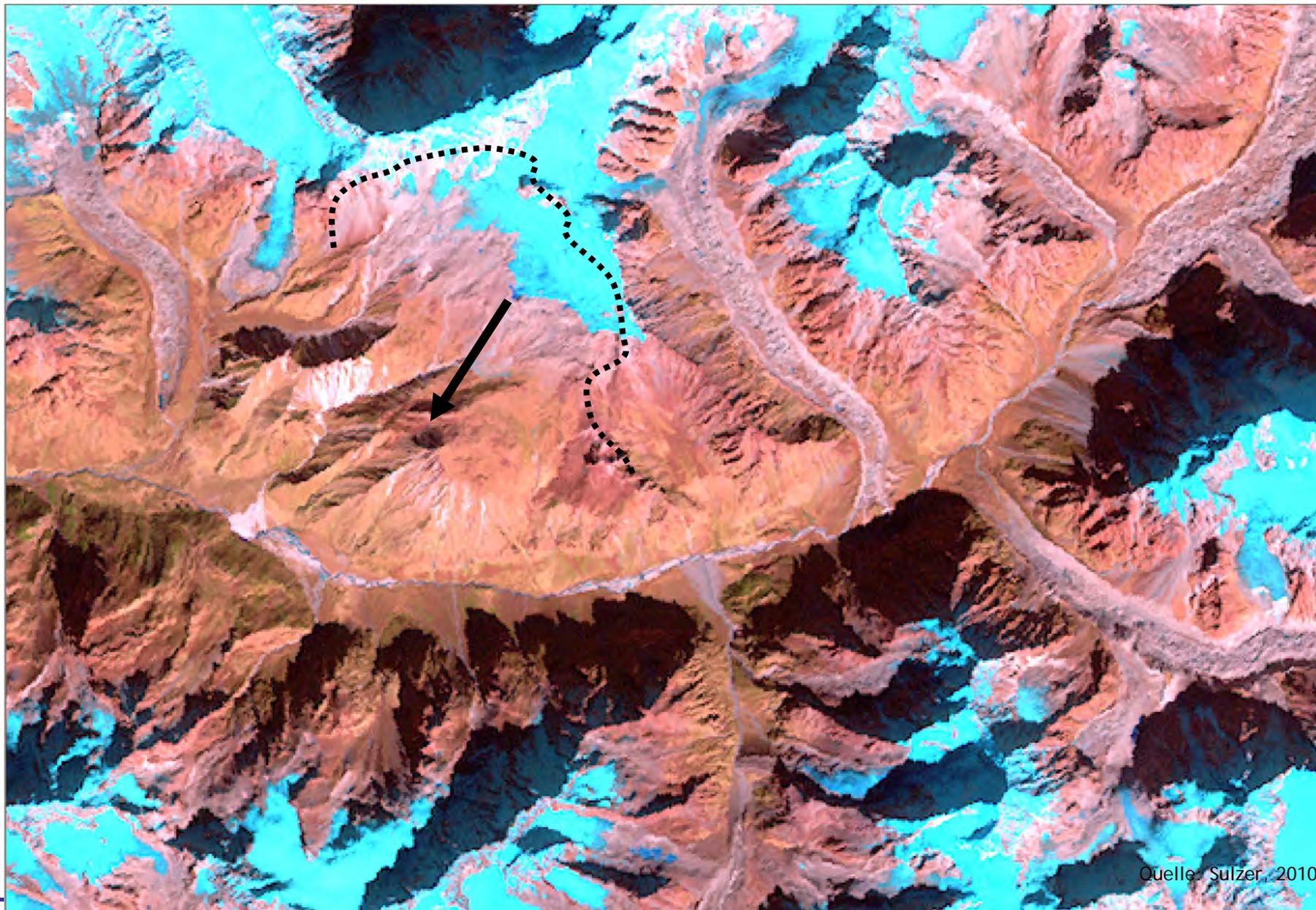


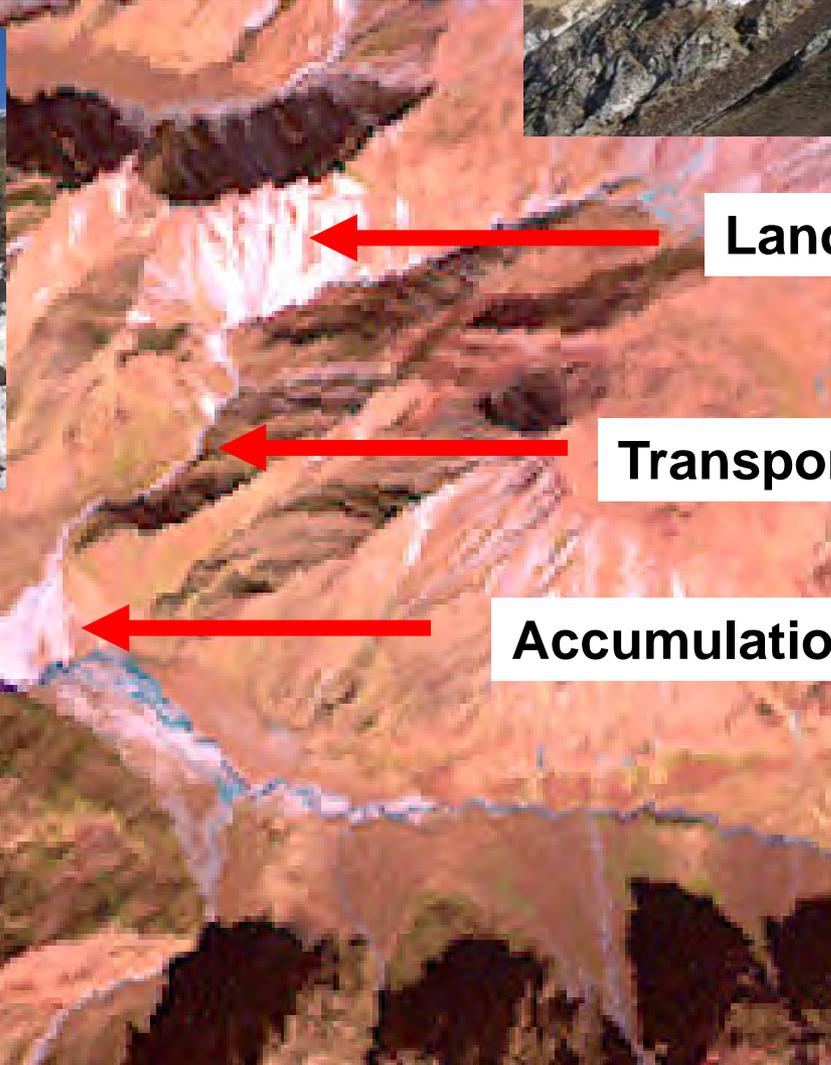
## Landslides

### TSERGO RI Landslide NEPAL

Landslide: approx. 30.000 years BP

Volume: 10km<sup>3</sup>





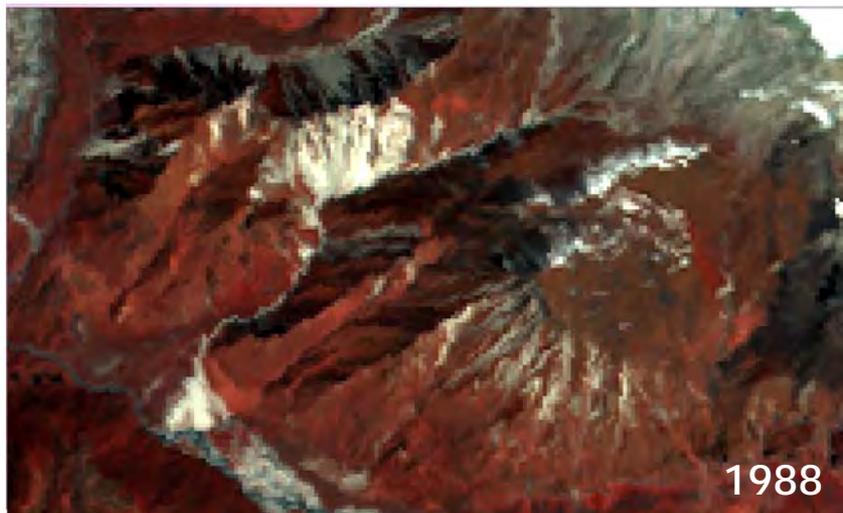
**Landslide Erosion**

**Transportation**

**Accumulation**



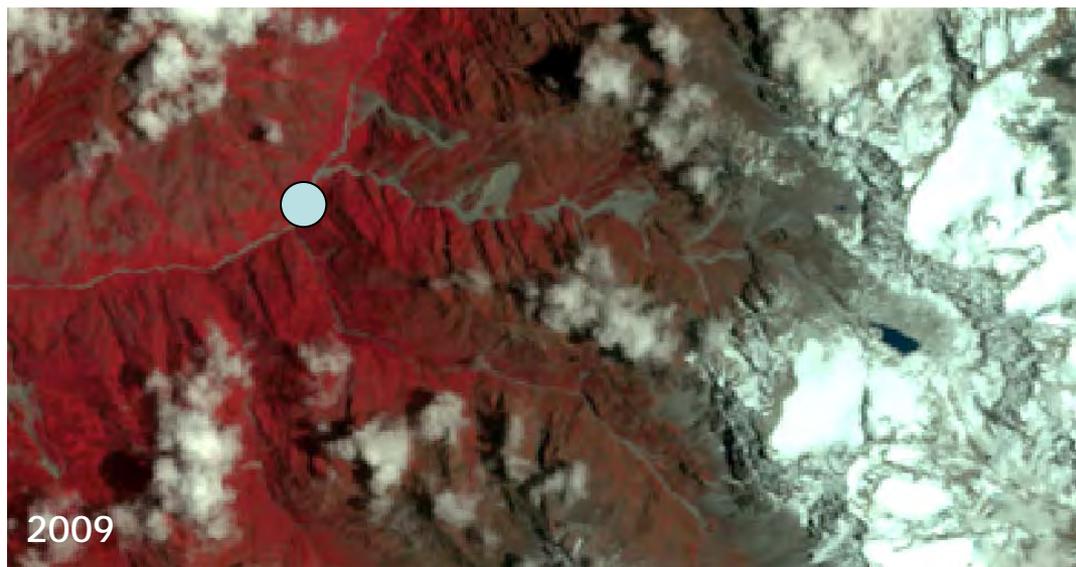
## Landslides



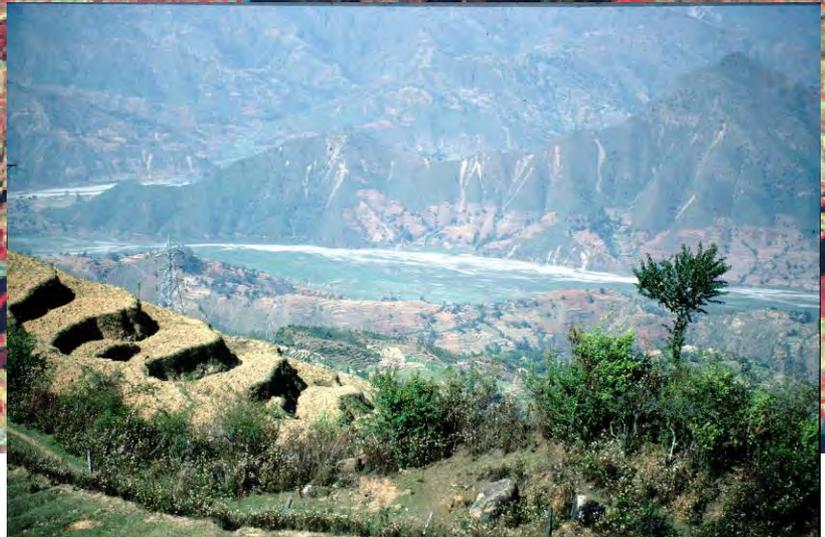
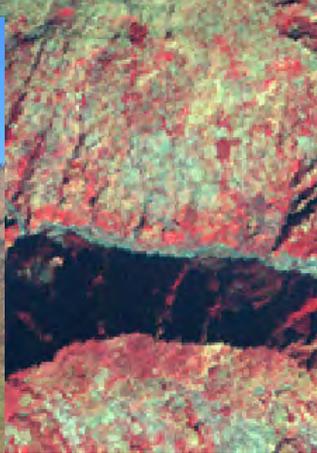
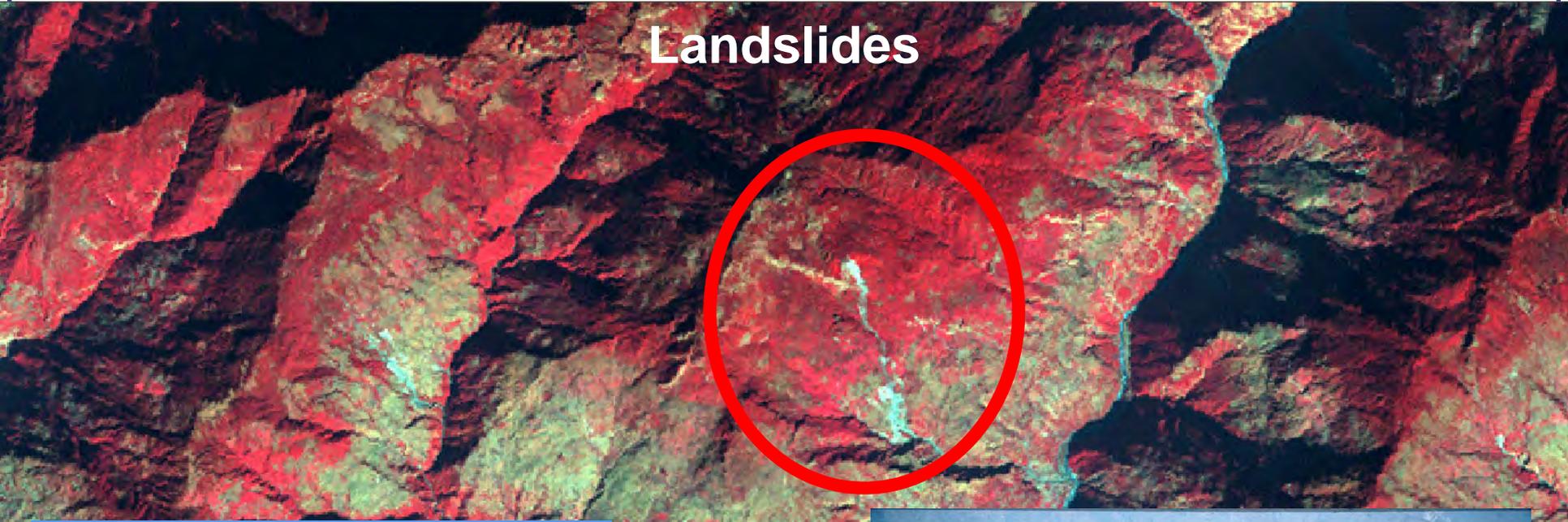
## Landslides

Landslide evidence in 1986

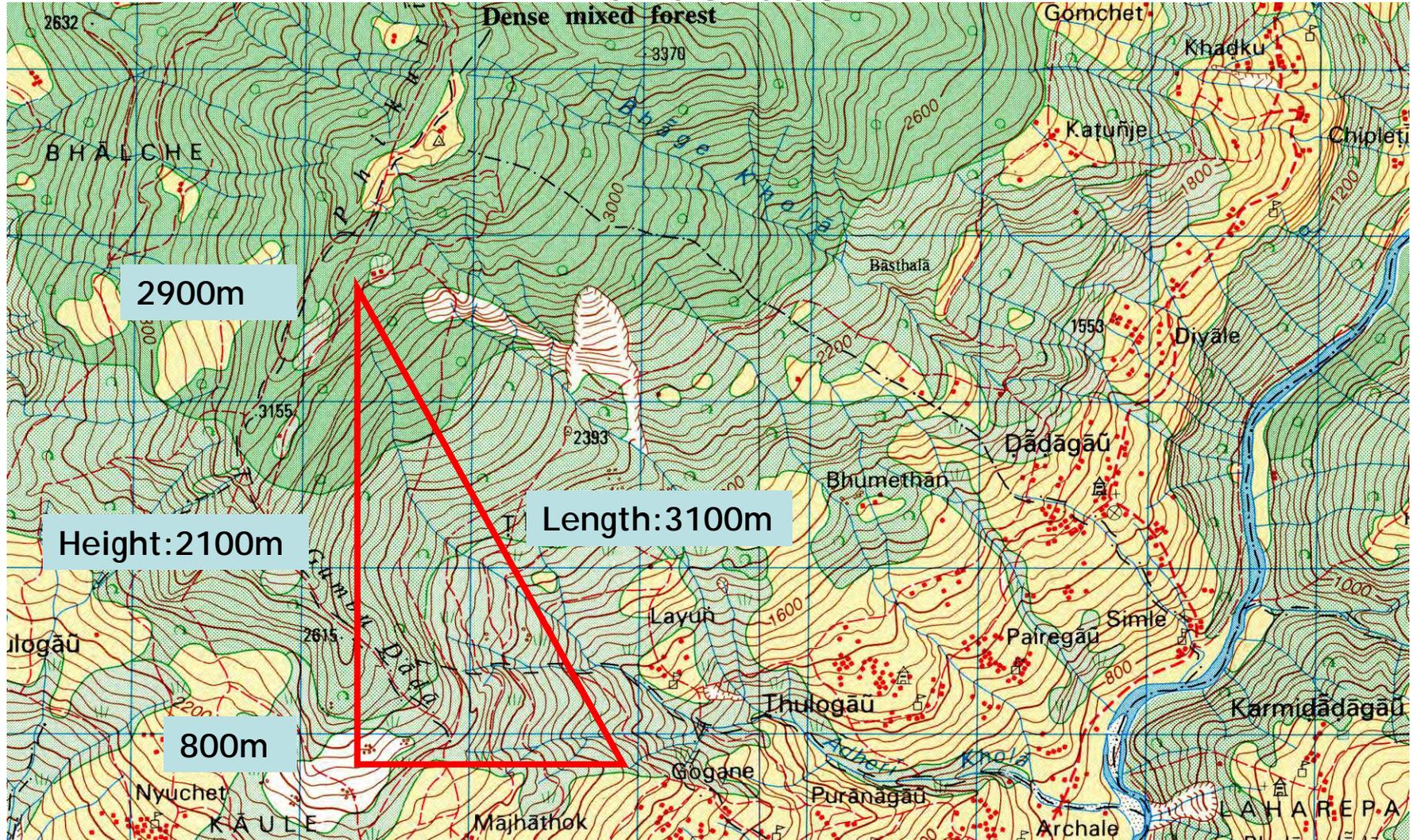




# Landslides

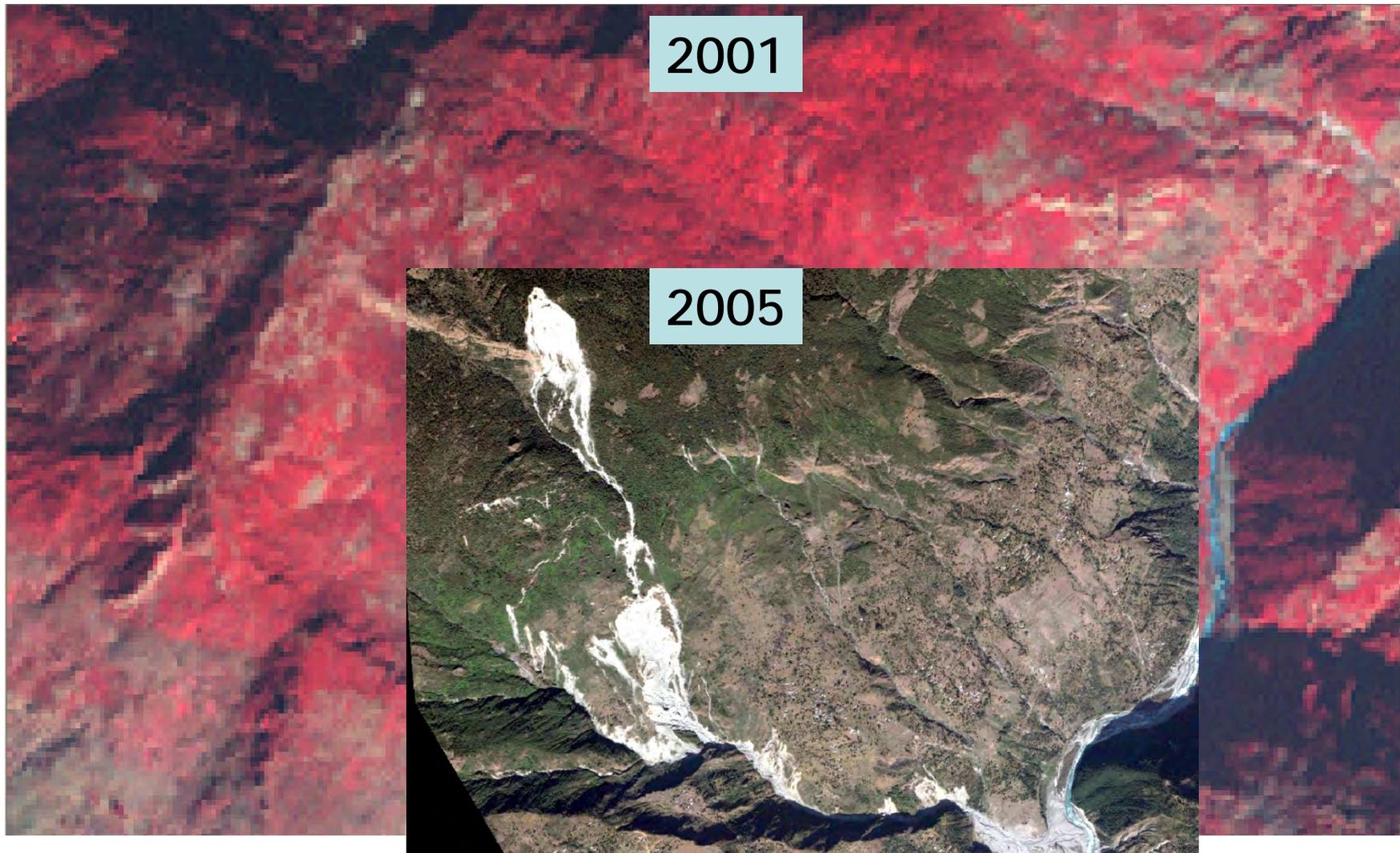


# Landslides

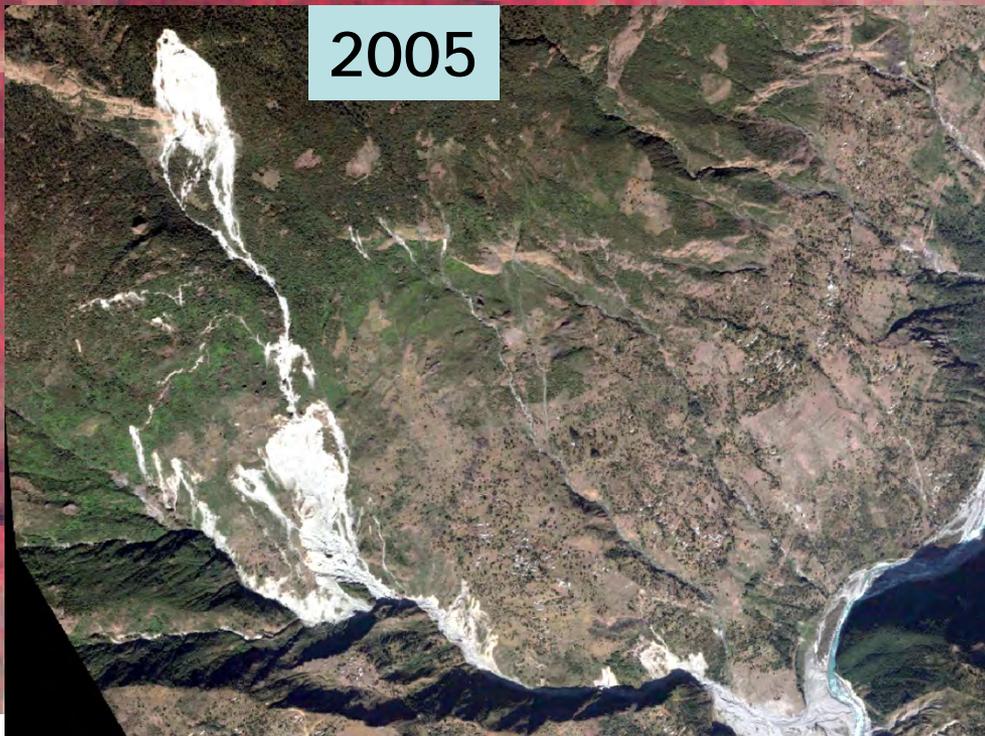


## Landslides

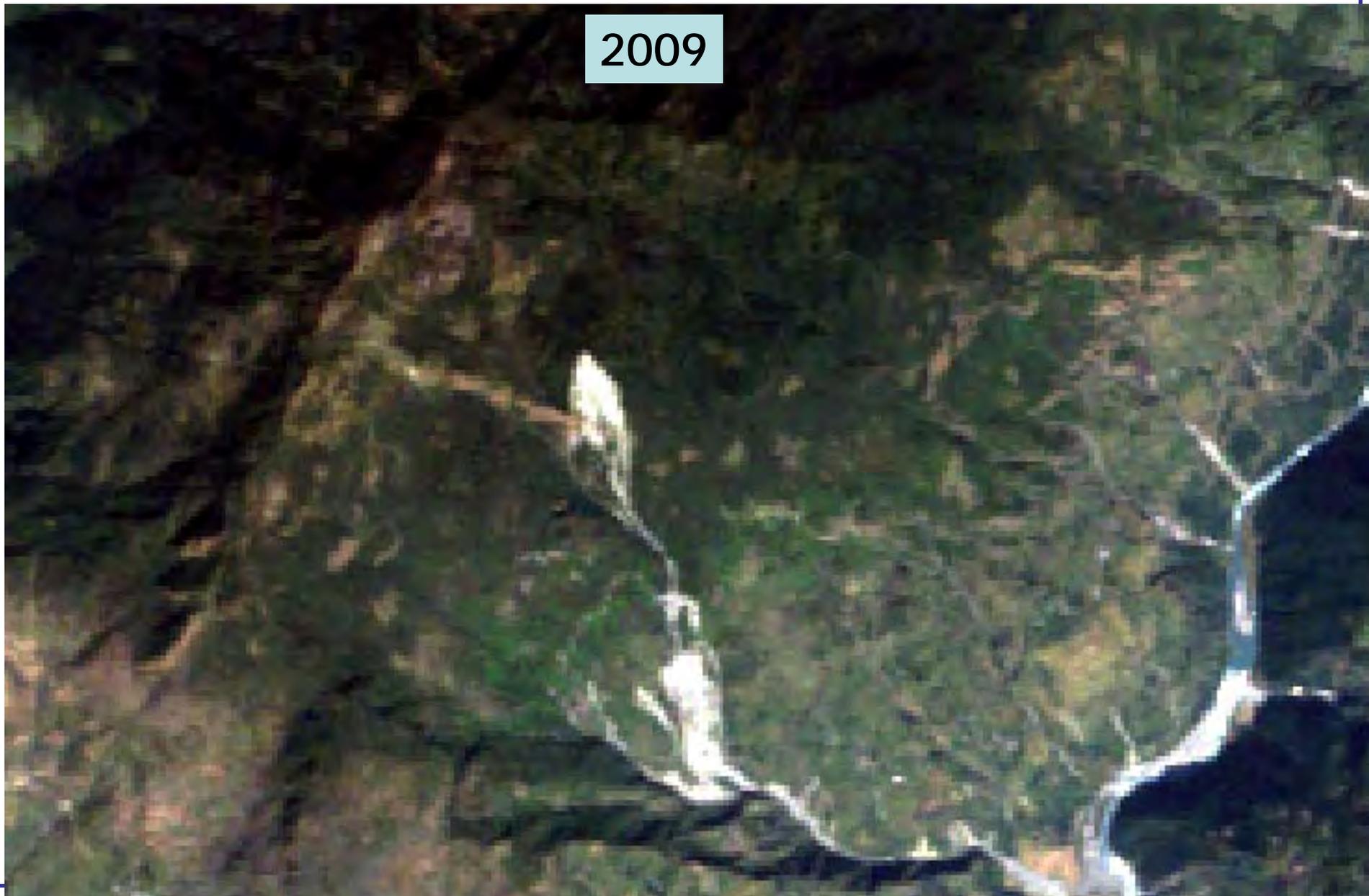
2001

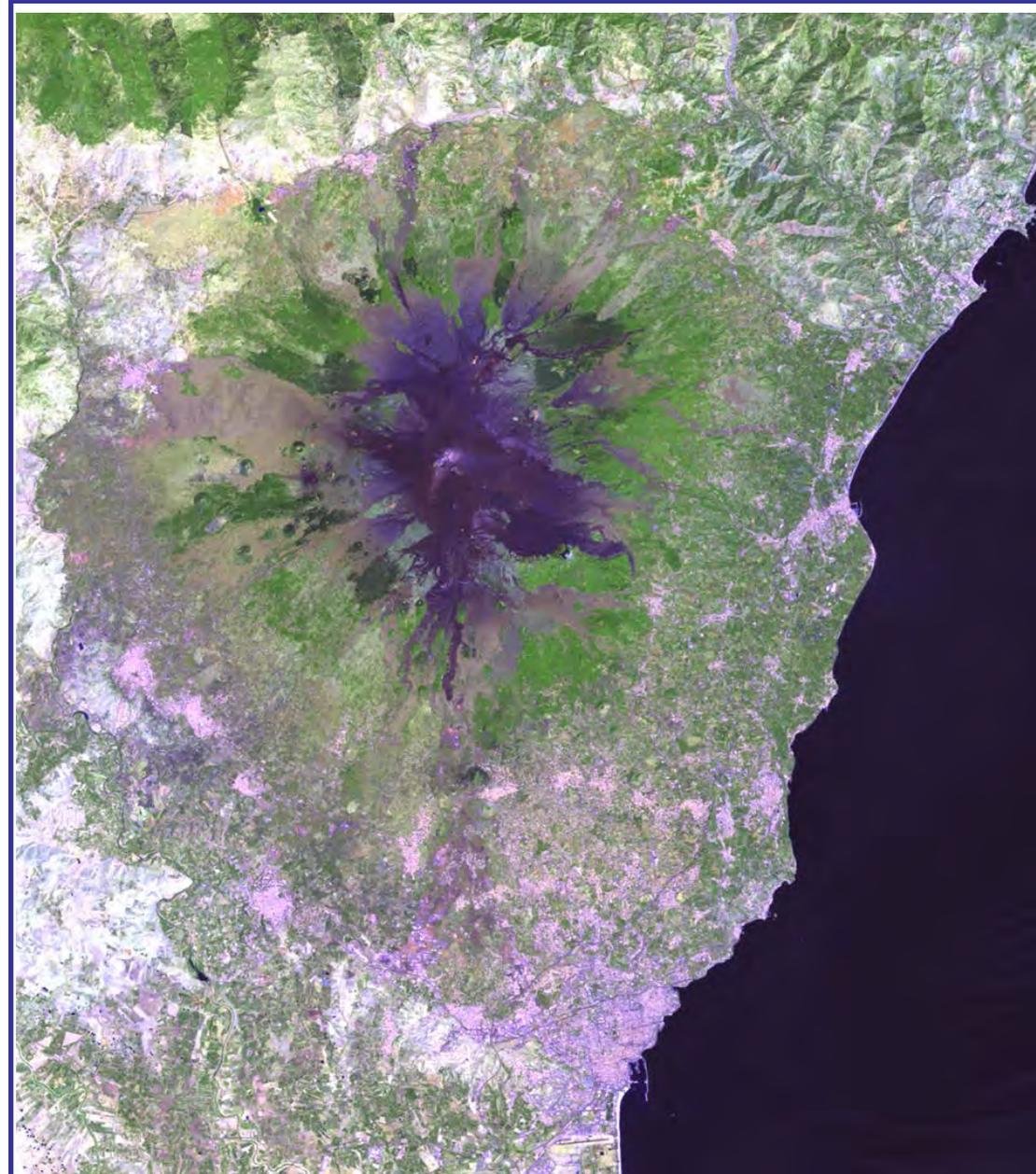


2005



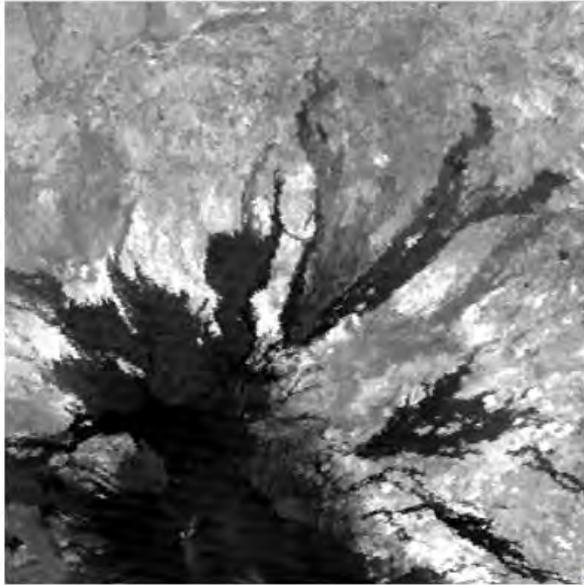
2009





## Landschaftswandel am Ätna

Der Landnutzungsstruktur des Ätnas im  
Jahre 2006



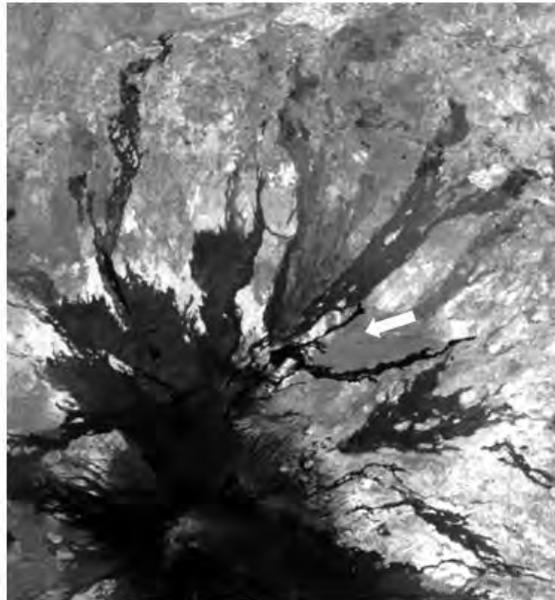
1977



1987



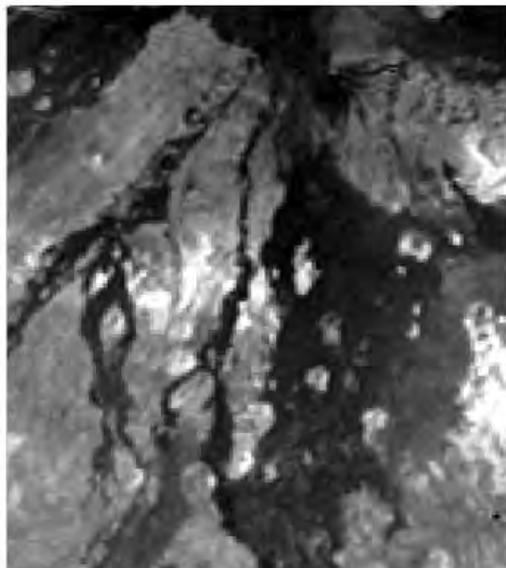
1999



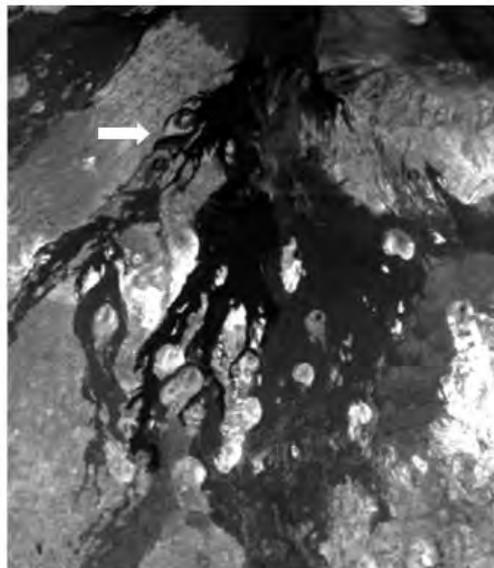
2006

Lavaströme am Nordhang des Ätnas  
im Jahre 1977, 1987, 1999 und  
2006

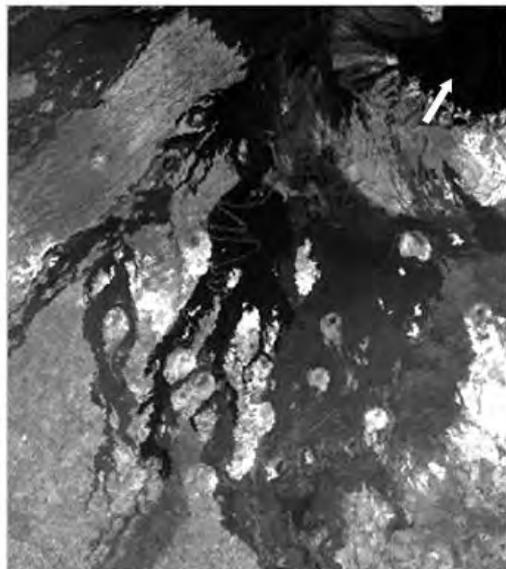
Datenquelle: LANDSAT TM Kanal 4



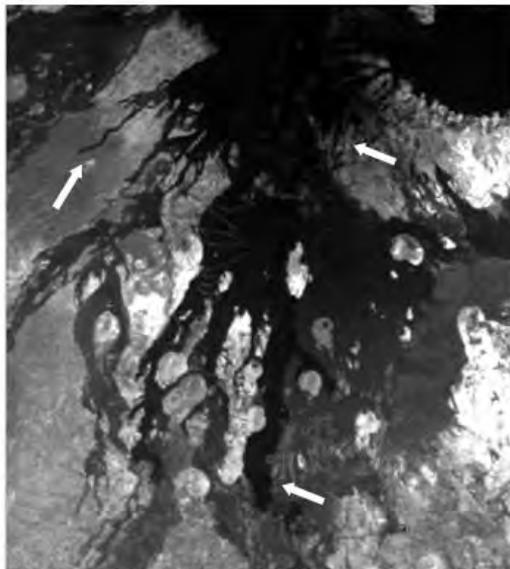
1972



1987



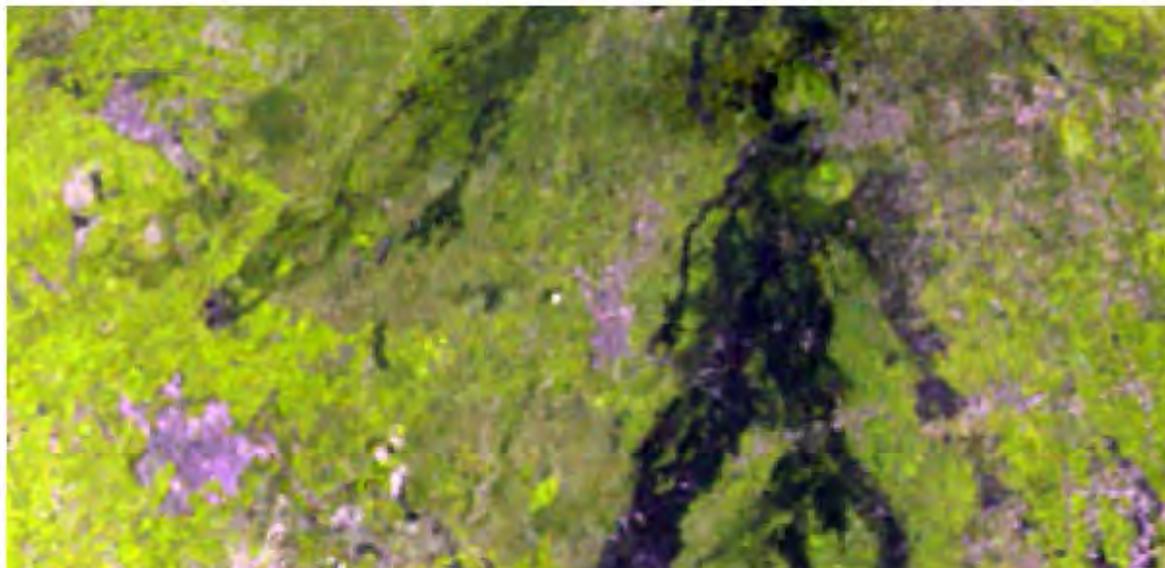
1999



2003

Lavaströme am Südhang des Ätnas im Jahre  
1972, 1987, 1999 und 2003.

Datenquelle: LANDSAT TM Kanal 4



1972



2006

Die Siedlungserweiterung der  
geschlossenen Orte und des  
Streusiedlungsbereiches am  
Südhang des Ätnas von 1972 auf  
2006

Datenquelle: LANDSAT Kanäle 342



1972



1977



1987



1999



2003



2006

Die Entwicklung der städtischen Agglomeration von Catania von 1972-2006

Datenquelle: LANDSAT Kanäle 342

Quelle: Sulzer, 2012



# „GLOBAL CHANGE - Die Erde aus dem Weltraum“

Danke für die  
Aufmerksamkeit !

**Wolfgang Sulzer**  
Inst. für Geographie und Raumforschung  
Karl Franzens Universität Graz  
Heinrichstrasse 36, A-8010 Graz  
wolfgang.sulzer@uni-graz.at