



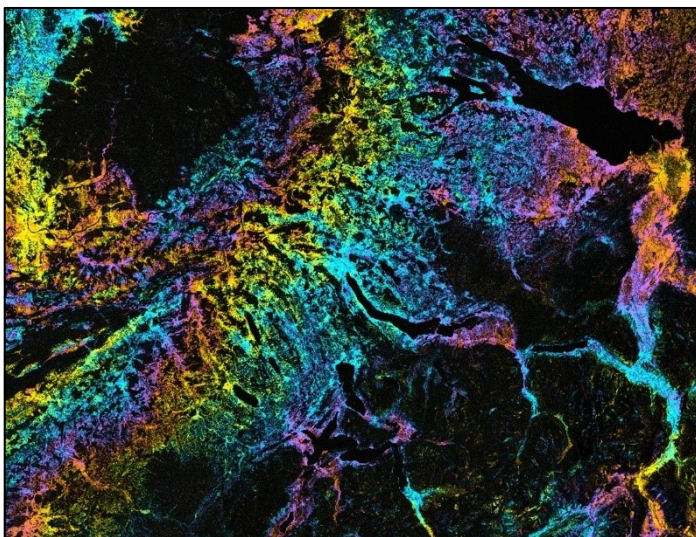
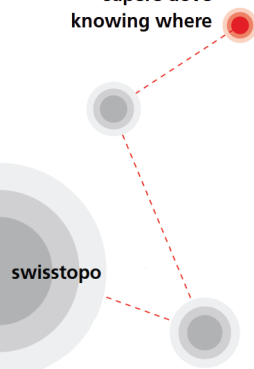
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de topographie swisstopo
Bundesamt für Landestopografie swisstopo
Domaine Mensuration | Bereich Vermessung

Interférométrie radar pour la Suisse

Radarinterferometrie für die Schweiz

wissen wohin
savoir où
sapere dove
knowing where



Introduction | 27 avril 2018

Einleitung | 27. April 2018

Sebastian Condamin



Programme du colloque

Programm Kolloquium

1. Introduction
S. Condamin, swisstopo
2. Développements innovants
avec des systèmes SAR
multiparamétriques: étude de
cas «Potential des mouvements
de surface en Suisse »
Prof. Dr. I. Hajnsek, ETH Zürich
3. Radar - un instrument fiable et
précis pour la surveillance des
roches
*Dr. Ueli Gruner,
Kellerhals + Haefeli AG*
4. Perspectives
S. Condamin, swisstopo
5. Questions / Discussion

1. Einleitung
S. Condamin, swisstopo
2. Innovative Entwicklungen mit
multi-parametrischen SAR
Systemen: Fallstudie «Potential
zu Oberflächenbewegungen in
der Schweiz»
Prof. Dr. I. Hajnsek, ETH Zürich
3. Radar - ein zuverlässiges und
genaues Instrument für Fels-
überwachungen
*Dr. Ueli Gruner,
Kellerhals + Haefeli AG*
4. Ausblick
S. Condamin, swisstopo
5. Fragen / Diskussion



Introduction Einleitung

Brève introduction au projet swisstopo «Nouvelle méthode de mesure pour la mensuration géodésique nationale et la mensuration d'ingénieur»

Kurzeinführung swisstopo-Projekt «Neue Messverfahren in der geodätischen Landes- und Ingenieurvermessung»



Méthodes de mesures actuelles MN / MI

Aktuelle Messmethoden gLV / IV



- Tachéométrie
- Nivellement
- GNSS
- Gyroscope
- Gravimétrie

- Tachymetrie
- Nivellement
- GNSS
- Kreisel
- Gravimetrie



Caractérisation de ces méthodes

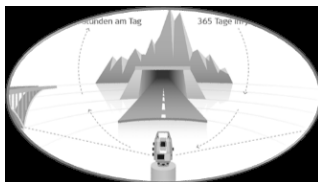
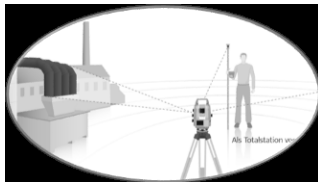
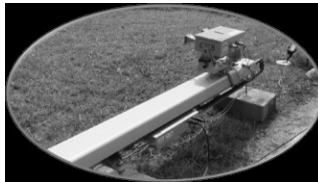
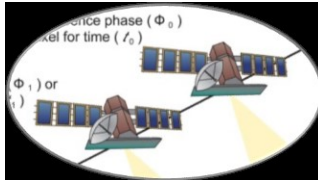
Charakterisierung dieser Verfahren

- Haute précision
- Procédures discrètes, ponctuelles
- Investissement élevé pour les mesures manuelles
- Hohe Präzision
- Diskrete, punktbezogene Verfahren
- Hoher manueller Messaufwand

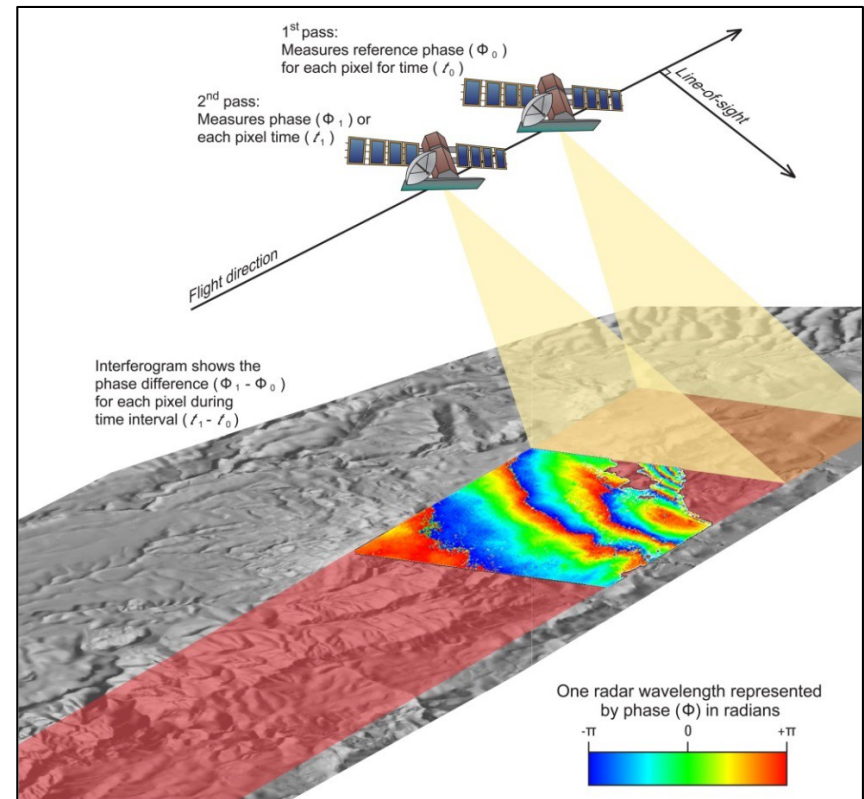




«Nouvelles» méthodes de mesure «Neue» Messverfahren



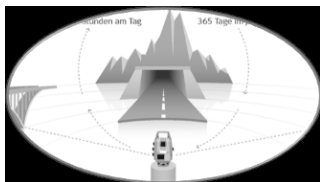
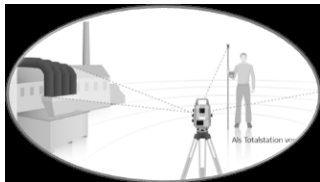
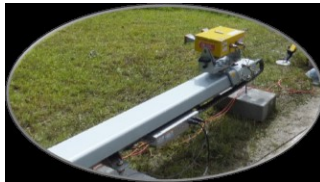
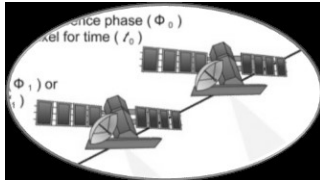
Interférométrie radar par satellite (InSAR) Satellitengestützte Radarinterferometrie (InSAR)



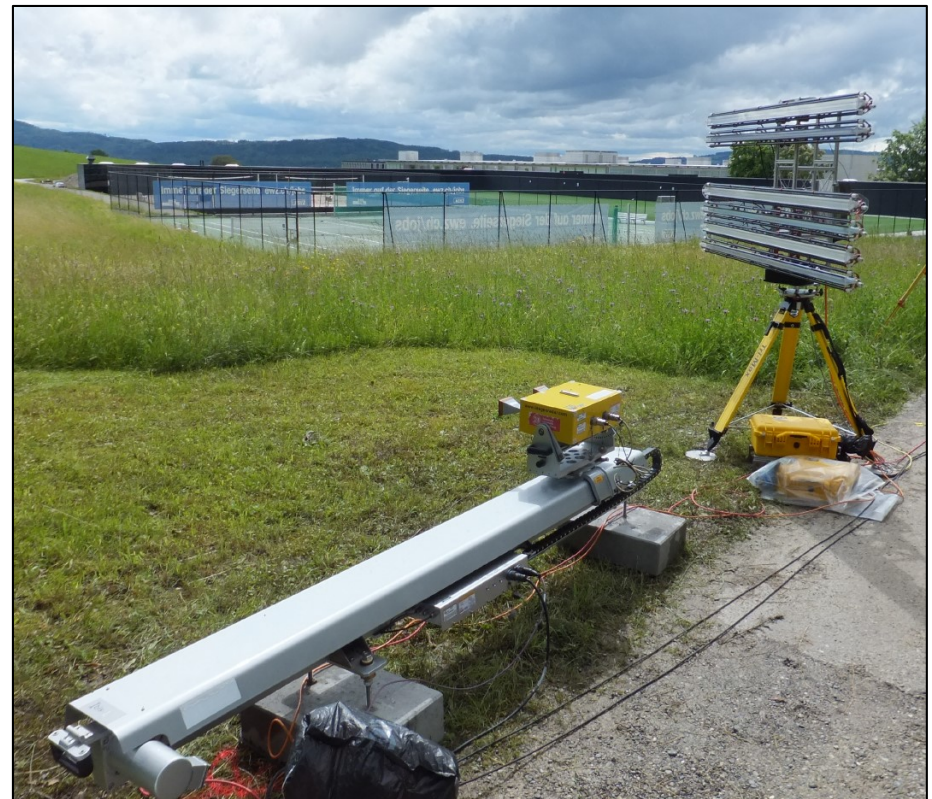
Quelle: <https://d28rz98at9flks.cloudfront.net/82751/Rec201>



«Nouvelles» méthodes de mesure «Neue» Messverfahren



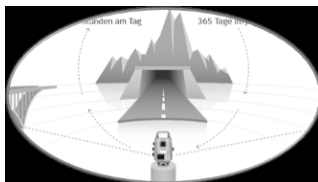
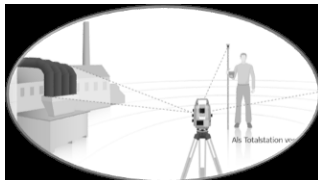
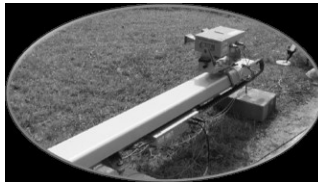
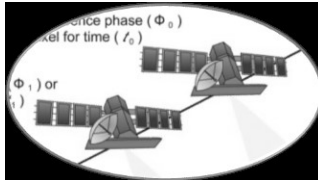
Interférométrie radar terrestre (GBRI) Terrestrische Radarinterferometrie (GBRI)



Quelle: ETH Zürich



«Nouvelles» méthodes de mesure «Neue» Messverfahren



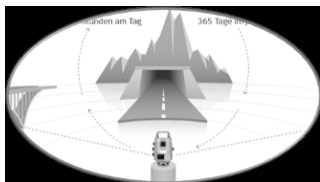
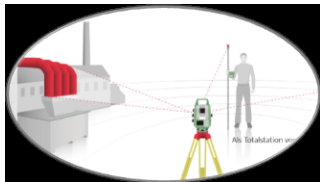
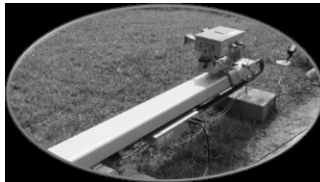
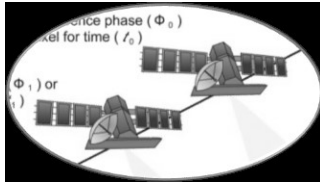
Laserscanning terrestre Terrestrisches Laserscanning



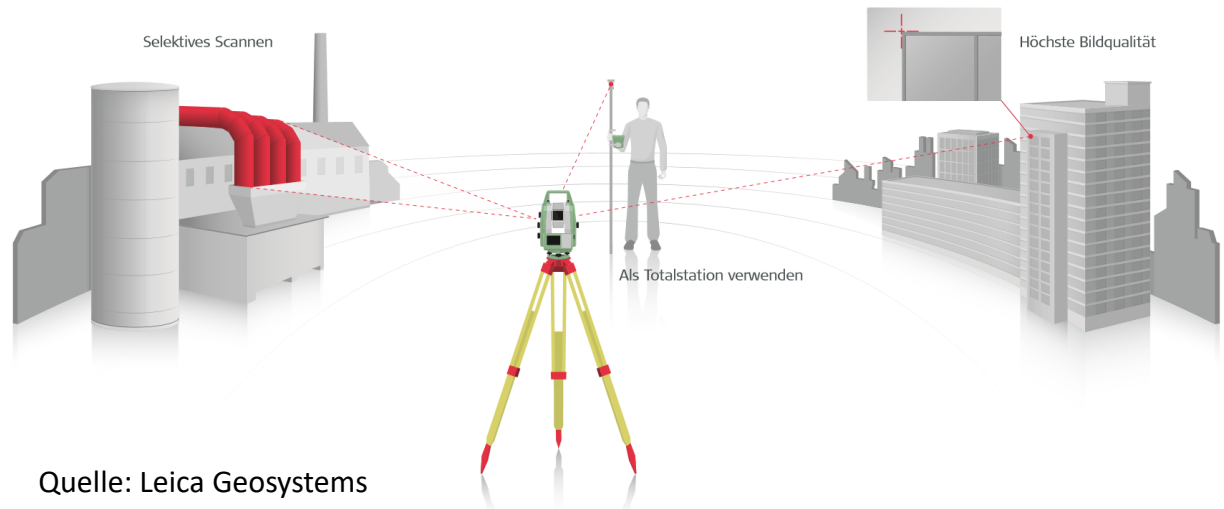
Quelle: <https://gispoint.de/>



«Nouvelles» méthodes de mesure «Neue» Messverfahren

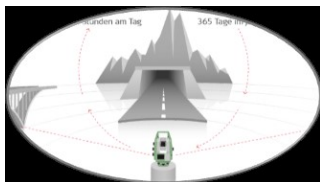
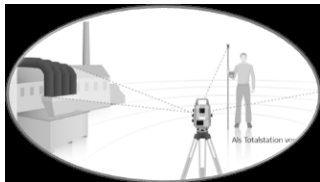
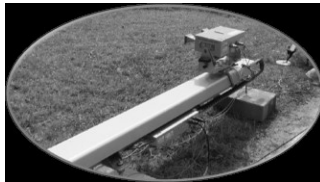
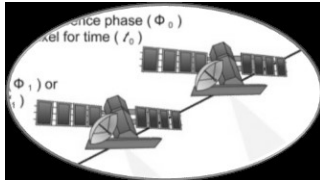


tachéomètre avec scanning et imagerie scannende, bildgebende Tachymeter «MultiStations»

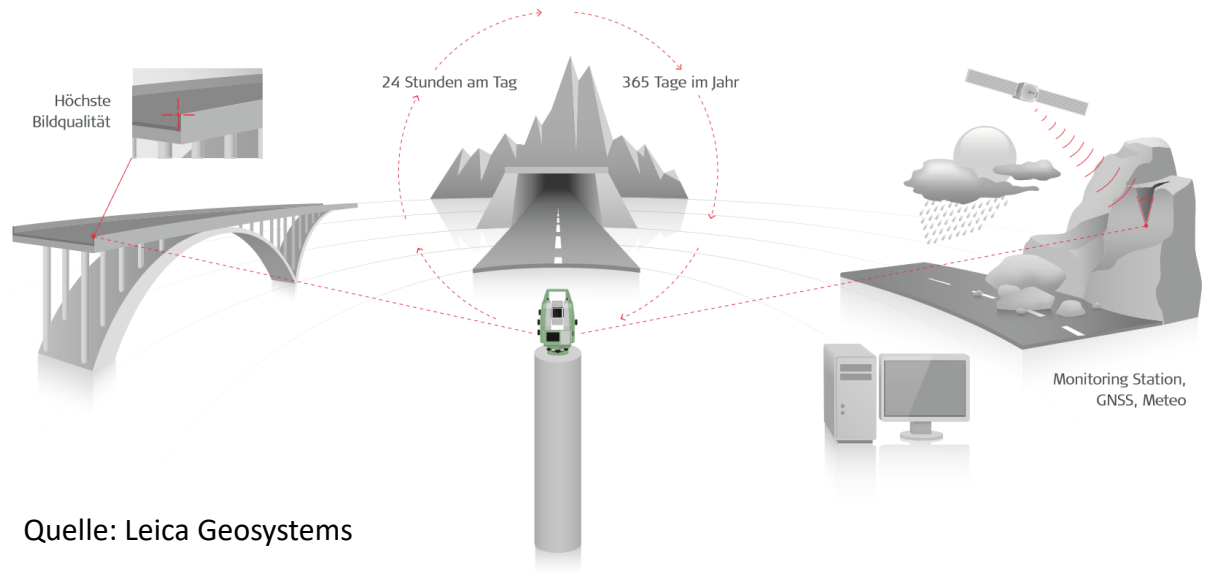




«Nouvelles» méthodes de mesure «Neue» Messverfahren



Système de surveillance automatique Automatische Monitoring-Systeme

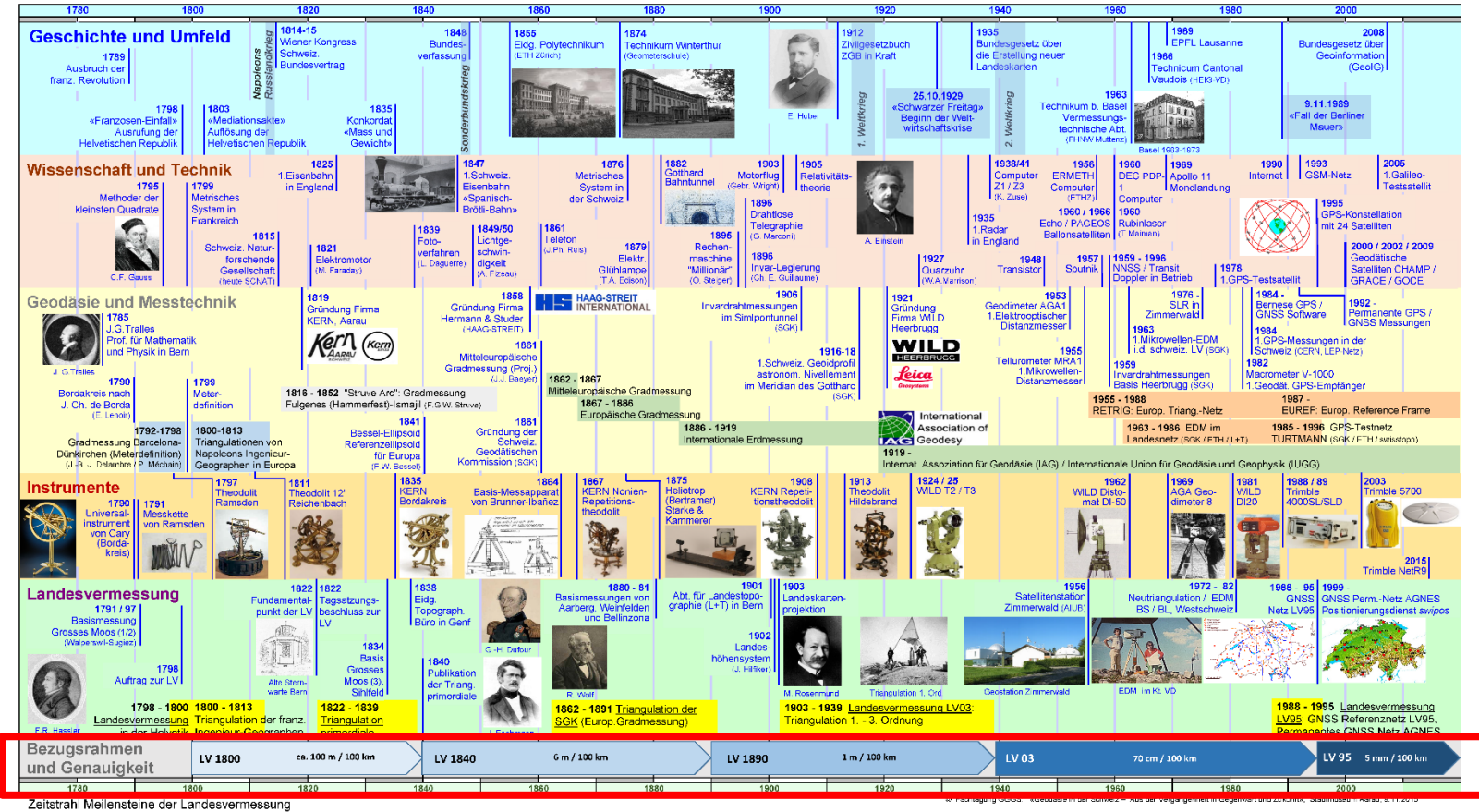


Quelle: Leica Geosystems



Caractérisation de ces technologies Charakterisierung dieser Technologien

Plus précise | Genauer



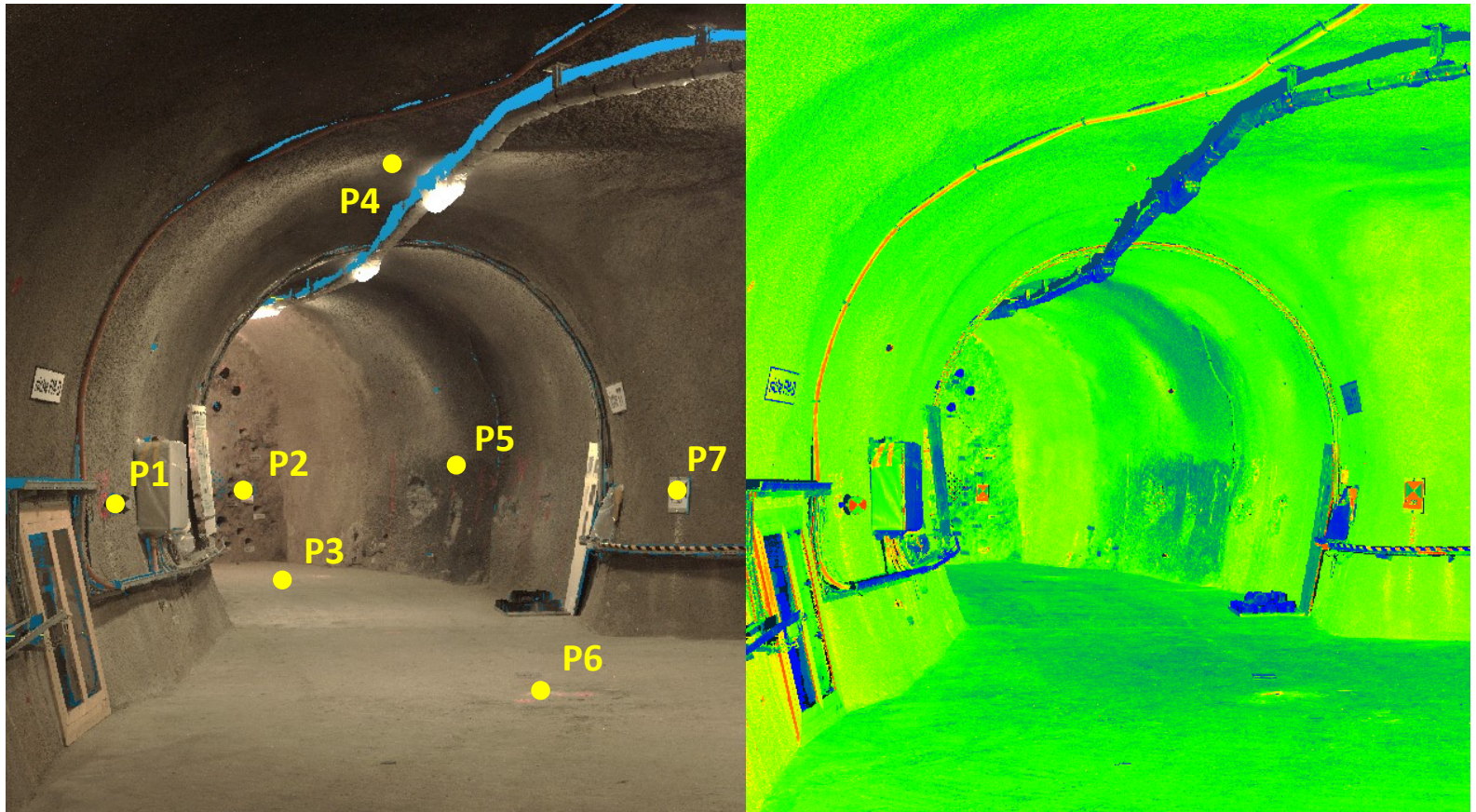
Office fédéral de topographie swisstopo
Bundesamt für Landestopografie swisstopo

swisstopo colloque «Interférométrie radar pour la Suisse» | 27 avril 2018
swisstopo-Kolloquium «Radarinterferometrie für die Schweiz» | 27. April 2018



Caractérisation de ces technologies Charakterisierung dieser Technologien

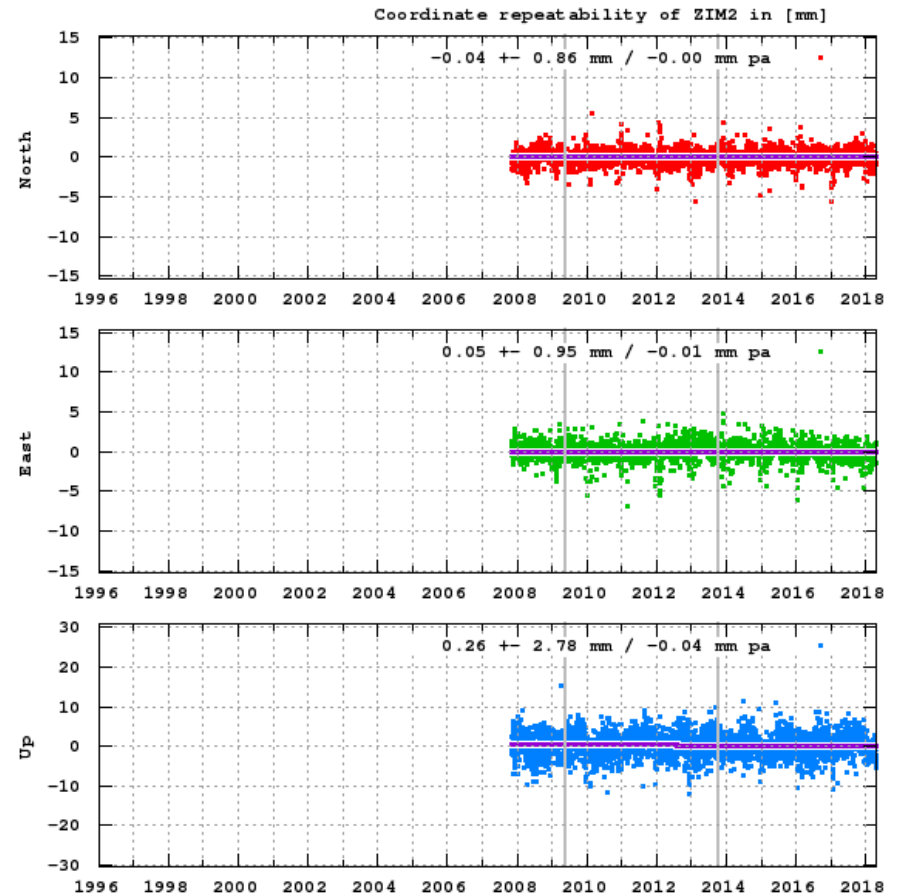
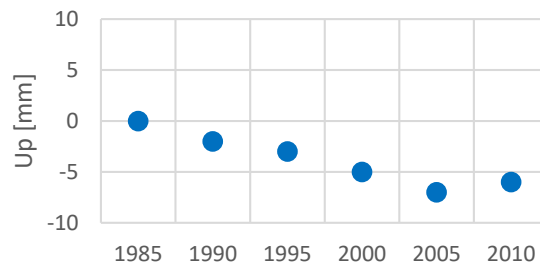
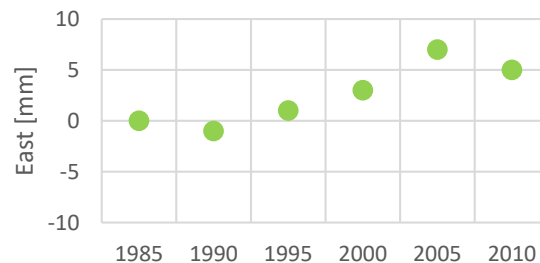
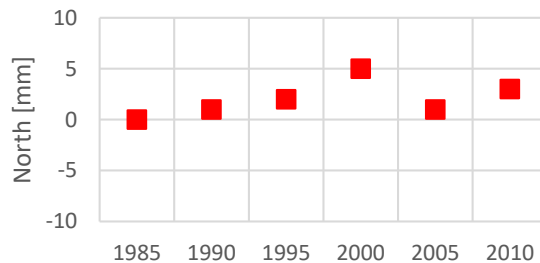
Plus dense | Dichter





Caractérisation de ces technologies Charakterisierung dieser Technologien

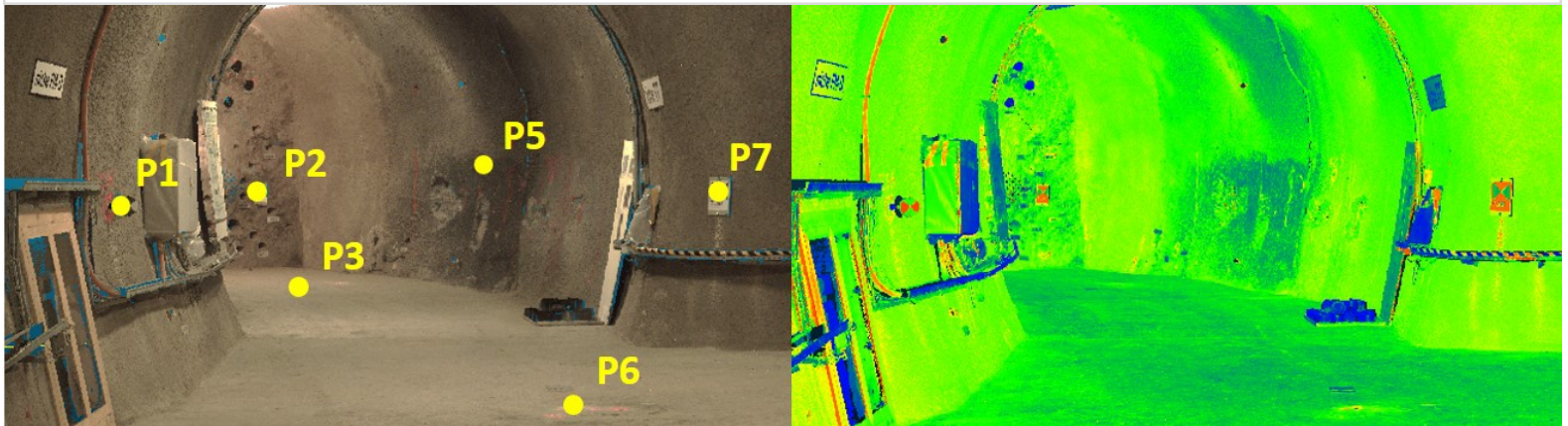
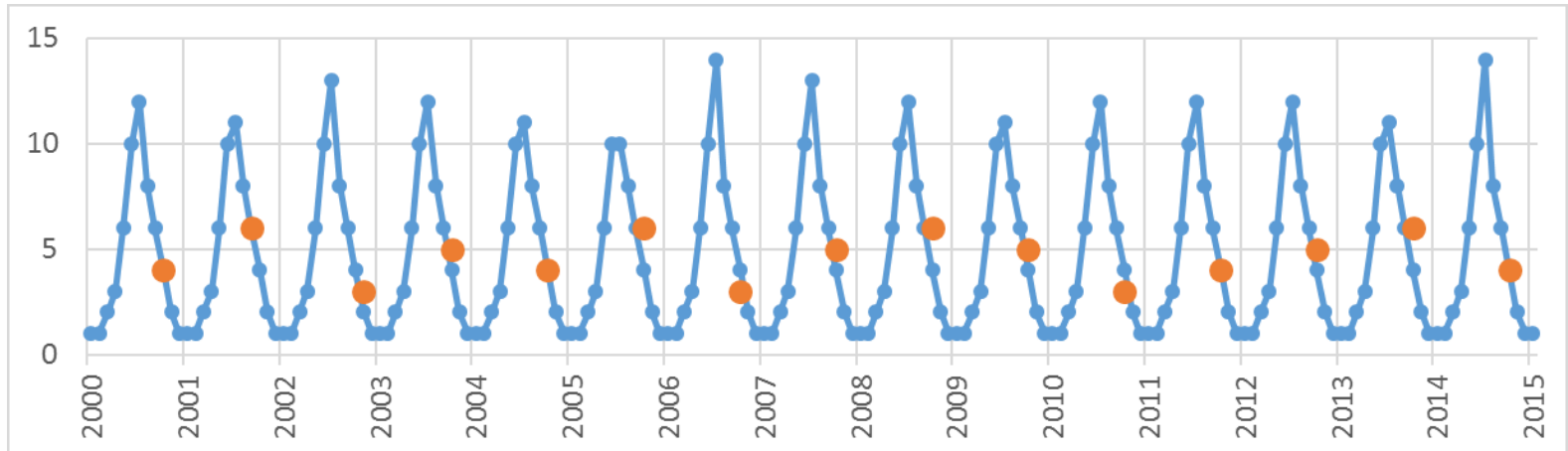
Plus actuel | Aktueller





Caractérisation de ces technologies Charakterisierung dieser Technologien

Plus complet | Umfassender





Question principale du projet

Hauptfragestellung des Projekts

Pouvons-nous compléter, améliorer ou remplacer les méthodes de mesures actuelles par de « nouvelles » technologies?

Können wir aktuelle Messverfahren mit «neuen» Technologien ergänzen, verbessern oder ersetzen?



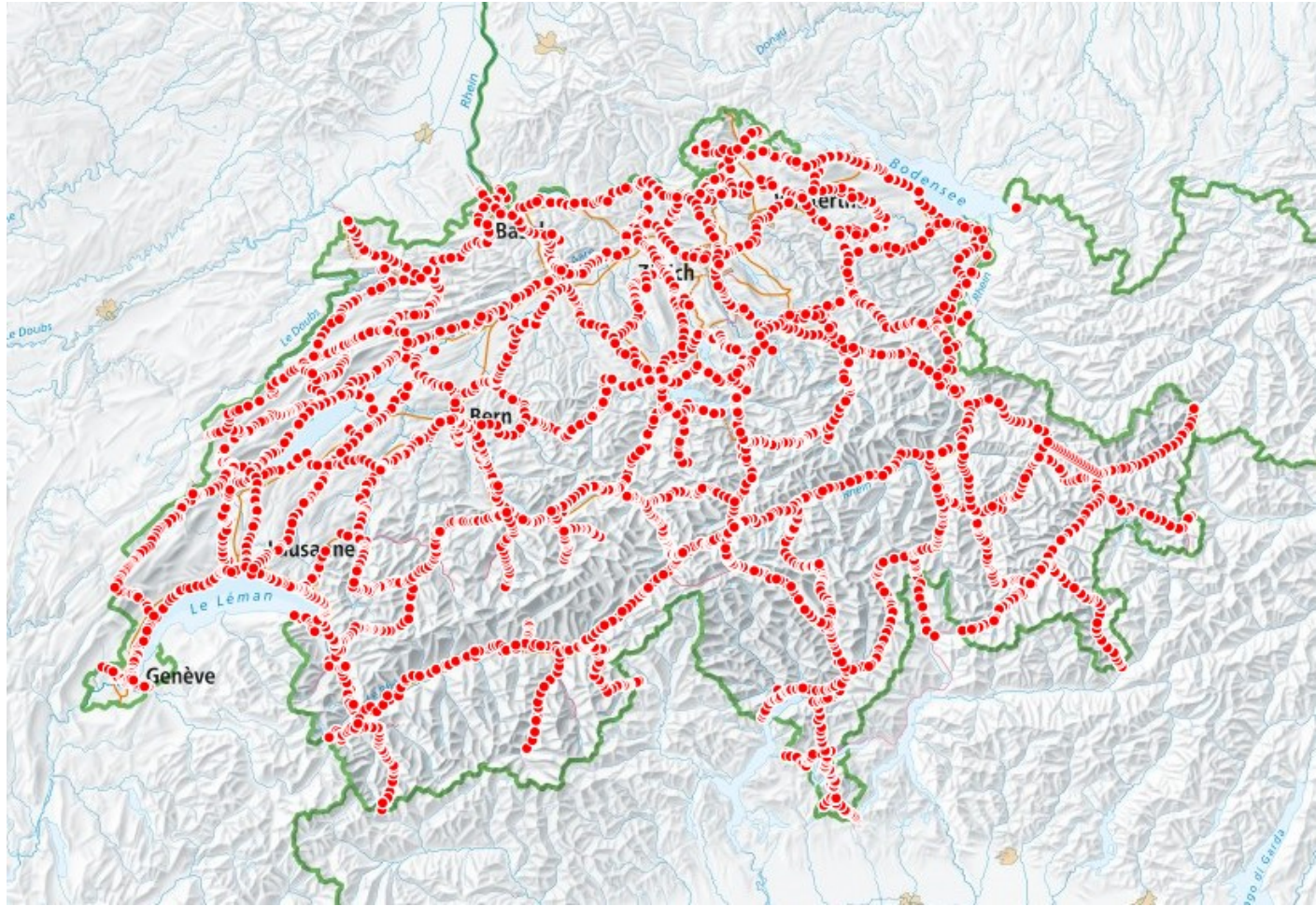
Procédé Vorgehen

- Définition de 14 cas concrets d'utilisation
- Projets de recherche avec des universités
- Projets pilotes spécifiques
- Definition von 14 konkreten Anwendungsfällen
- Forschungsprojekte mit Hochschulen
- Spezifische Pilotprojekte



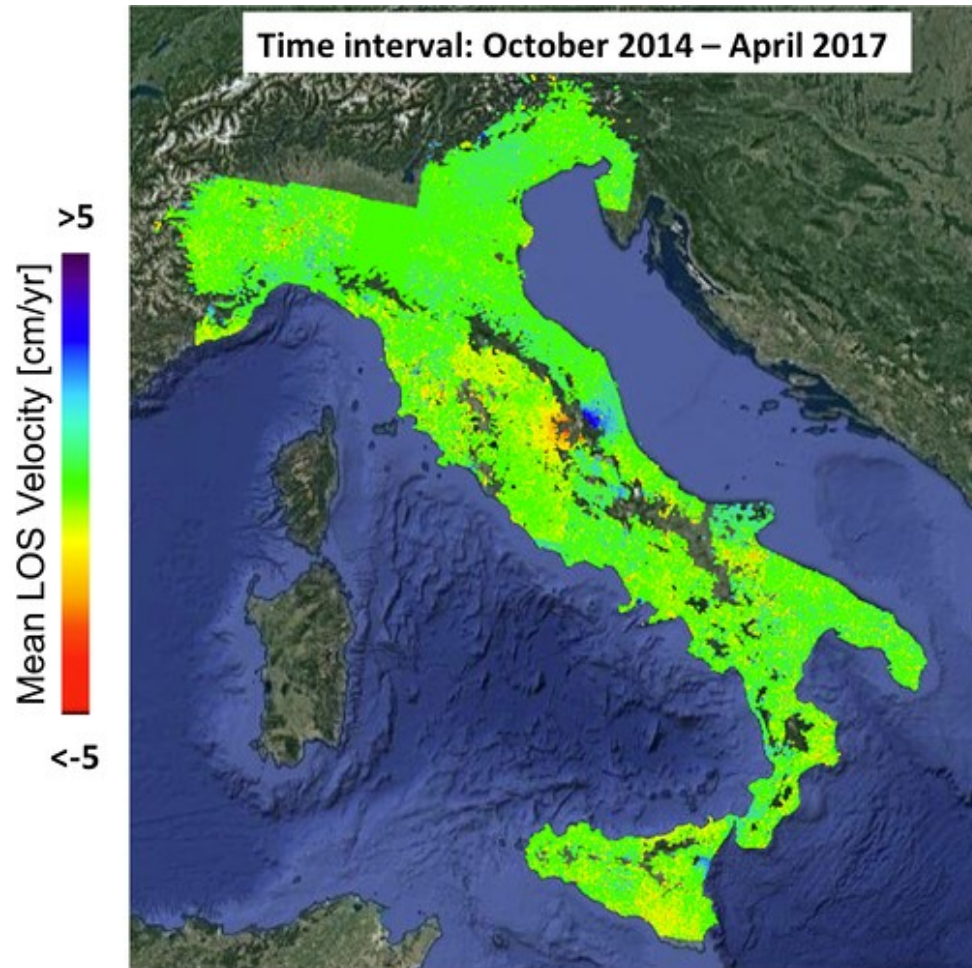
Cas d'utilisation Nivellement fédéral

Anwendungsfall Landesnivellement



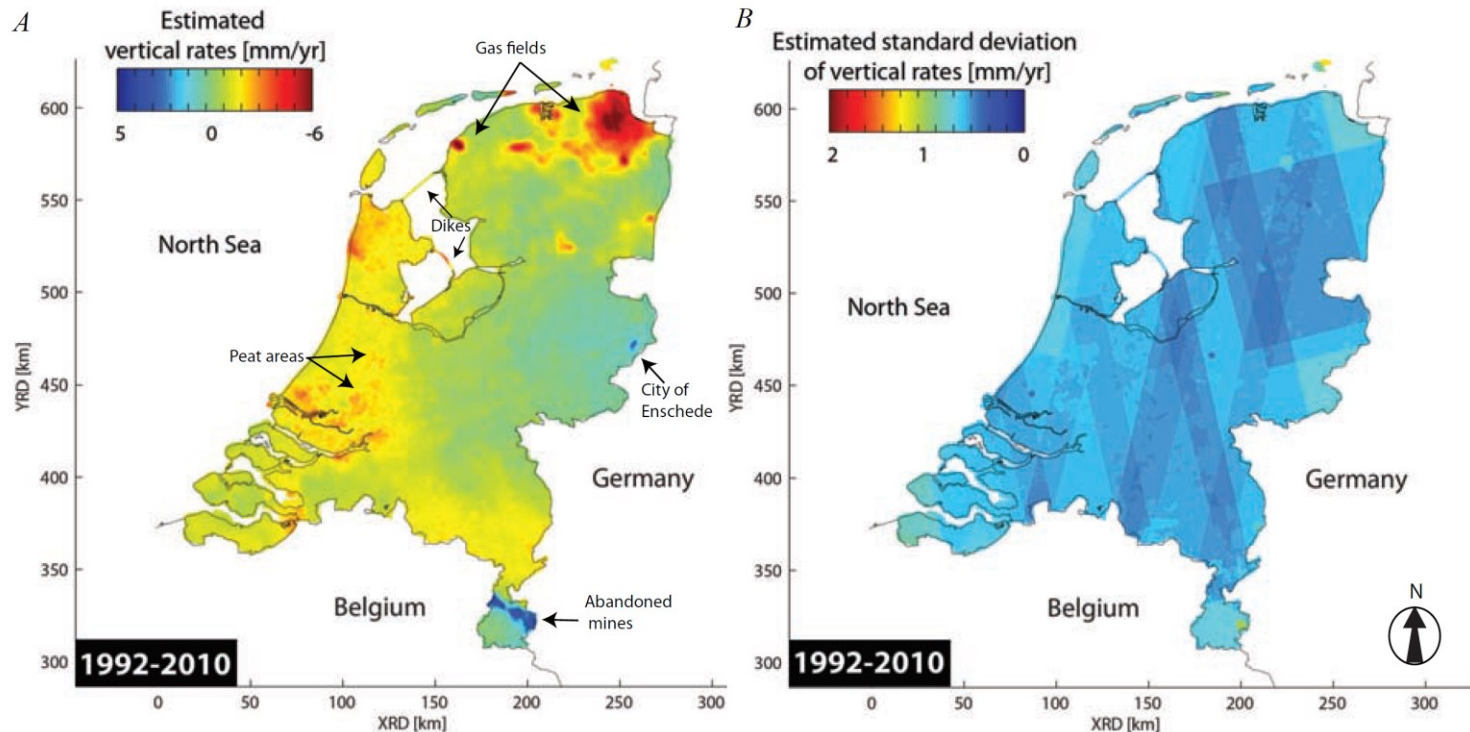


Mouvements de la surface terrestre Oberflächenbewegungen





Mouvements de la surface terrestre Oberflächenbewegungen



Quelle: M. Cuenca, R. Hanssen, A. Hooper & M. Arkan (2012): «SURFACE DEFORMATION OF THE WHOLE NETHERLANDS AFTER PSI ANALYSIS» in Proc. 'Fringe 2011 Workshop', Frascati, Italy, 19–23 September 2011 (ESA SP-697, January 2012). Abrufbar unter: https://earth.esa.int/documents/10174/1576732/Surface_deformation_Netherlands_PSI_analysis.pdf



Programme du colloque

Programm Kolloquium

- | | |
|--|--|
| 1. Introduction
<i>S. Condamin, swisstopo</i> | 1. Einleitung
<i>S. Condamin, swisstopo</i> |
| 2. Développements innovants
avec des systèmes SAR
multiparamétriques: étude de
cas «Potential des mouvements
de surface en Suisse »
<i>Prof. Dr. I. Hajnsek, ETH Zürich</i> | 2. Innovative Entwicklungen mit
multi-parametrischen SAR
Systemen: Fallstudie «Potential
zu Oberflächenbewegungen in
der Schweiz»
<i>Prof. Dr. I. Hajnsek, ETH Zürich</i> |
| 3. Radar - un instrument fiable et
précis pour la surveillance des
roches
<i>Dr. Ueli Gruner,
Kellerhals + Haefeli AG</i> | 3. Radar - ein zuverlässiges und
genaues Instrument für Fels-
überwachungen
<i>Dr. Ueli Gruner,
Kellerhals + Haefeli AG</i> |
| 4. Perspectives
<i>S. Condamin, swisstopo</i> | 4. Ausblick
<i>S. Condamin, swisstopo</i> |
| 5. Questions / Discussion | 5. Fragen / Diskussion |

Innovative Development of Multi-Parametric SAR-Systems & Applications

Innovative Entwicklungen mit multi-parametrischen SAR-Systemen: Fallstudie Potential zu Oberflächenbewegungen in der Schweiz

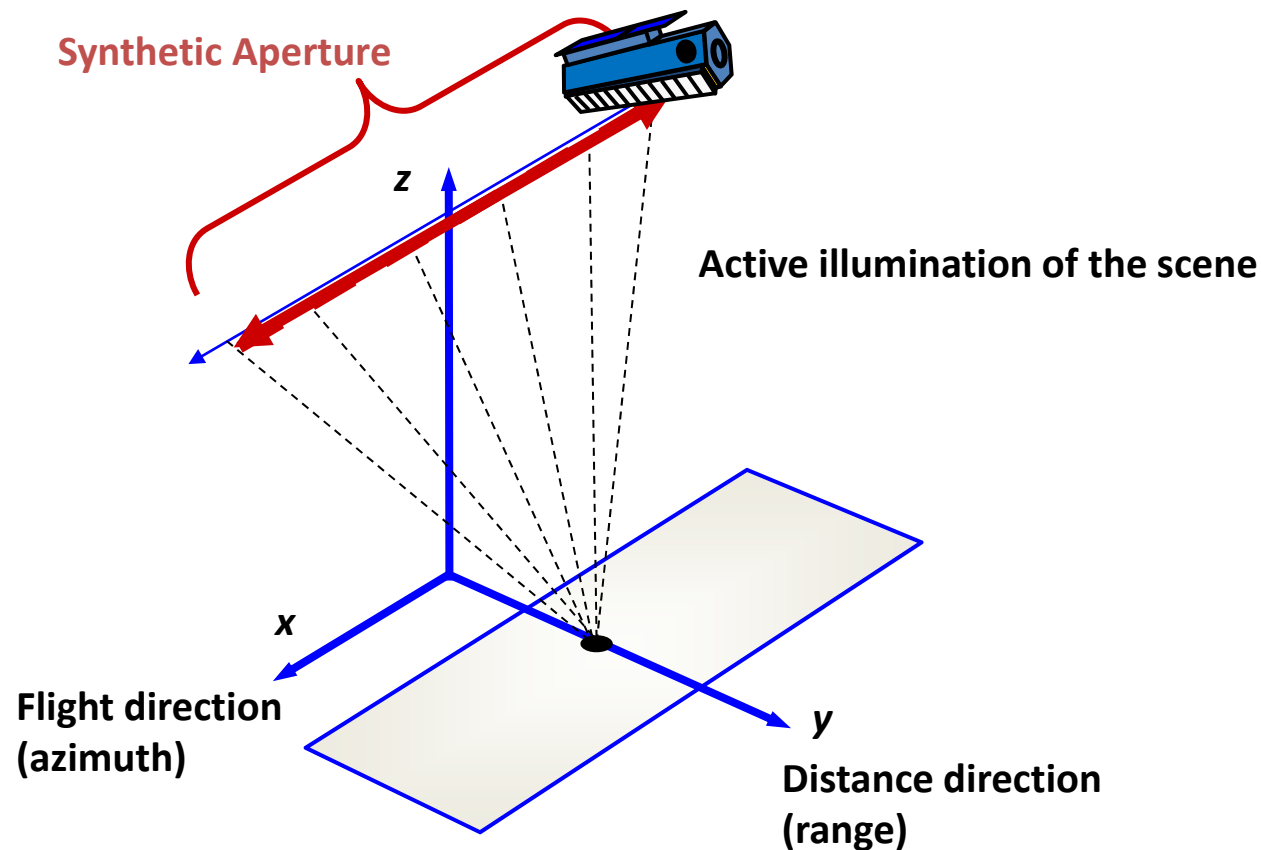
Irena Hajnsek, Othmar Frey, Silvan Leinss

Earth Observation and Remote Sensing,
Institute of Environmental Engineering, ETH Zürich

27.04.2018

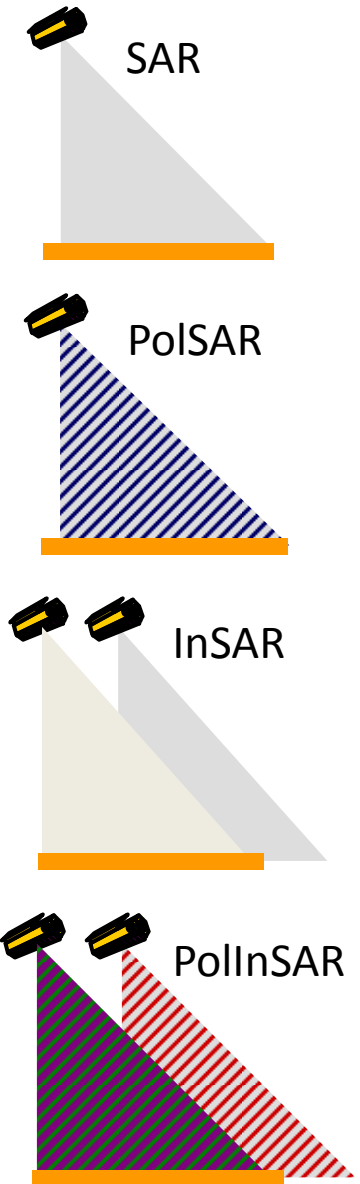
What is Synthetic Aperture Radar?

- SAR is a coherent imaging system (amplitude and phase)
- SAR generates synthetically a long aperture in flight direction (azimuth)
- After a raw data processing a two 2D image is retrieved

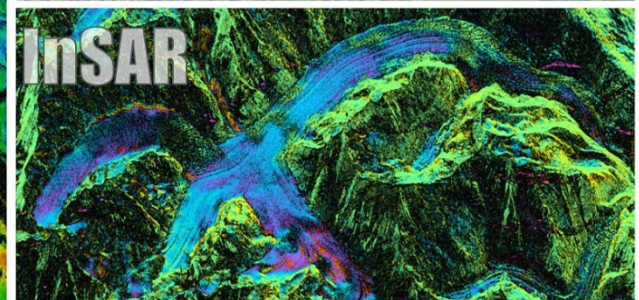
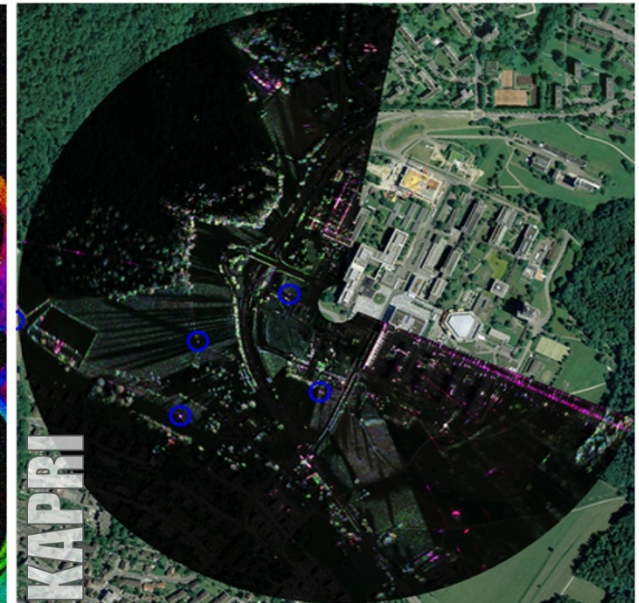
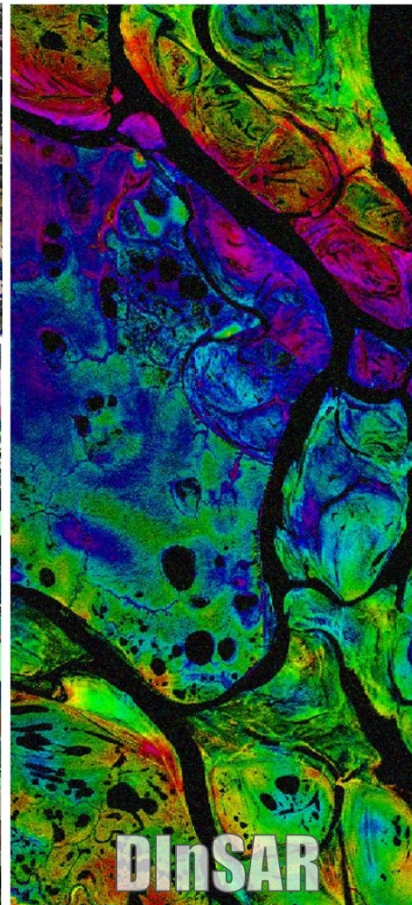


SAR Operation Modes

- Single Channel SAR (Intensity/Phase)
 - Stochastic properties
- Polarimetric SAR (HH, VV, HV, VH)
 - Separation of scattering mechanisms
- Interferometric SAR (InSAR Phase, Coherence)
 - Elevation height (location of the scatterers height)
- Polarimetric SAR Interferometry (Polarimetric Phase/Coherence)
 - Location of the scatterers height
- Tomography (multi-baseline acquisition)
 - 3D display of the scatterer



Topics @ Earth Observation Research Group



Facilities/Access @ ETH

- Ground based:
 - KAPRI (ETH)
- Airborne:
 - F-SAR System (German Aerospace Center)
Multi-Frequency and Polarisation, Single-pass
- Spaceborne:
 - TanDEM-X (German Aerospace Center)
 - Tandem-L (German Aerospace Center)



Ground Based Radar Applications

Cryosphere

- Glacier velocity
- Avalanche detection

Digital Elevation Model

- High resolution digital elevation model



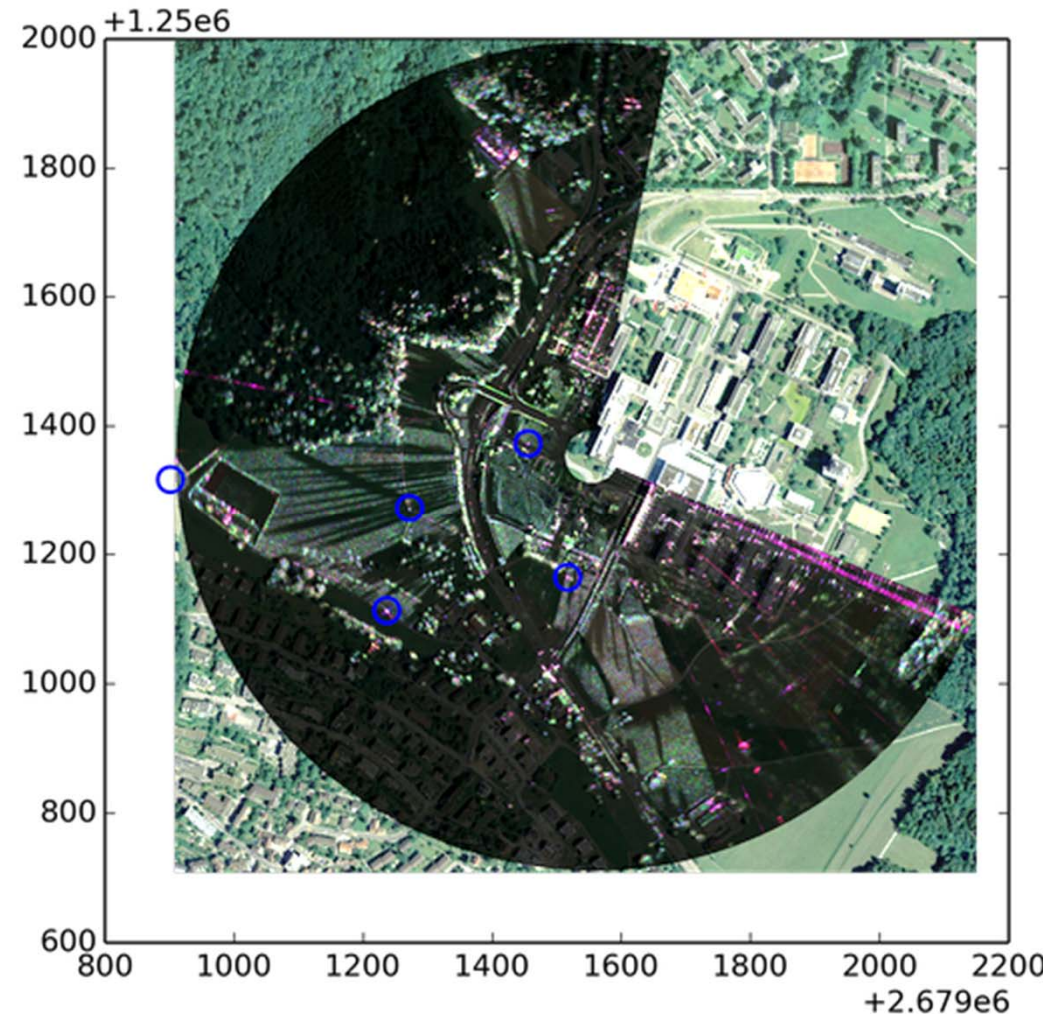
KAPRI: Ku-band Advanced Polarimetric Radar Interferometer



Description	Value
Frequency	17.2 GHz
Bandwidth	200 MHz
Az. Beamwidth	0.4°
Rg. Resolution	0,75 m
Max. range	10 km

KAPRI is a polarimetric extension of Gamma Remote Sensings GPRI

- Hardware modified by the addition of H polarized antennas and switching circuits
- Acquisitions modes:
 - Full polarimetric (bistatic: HH, VV, HV, VH)
 - Single pass interferometry (Baselines 30 cm for HH and VV)
 - Multipass interferometry (Zero baseline)
 - High repeat rate (for structural monitoring) ([s])



Snow Avalanche Observations with KAPRI

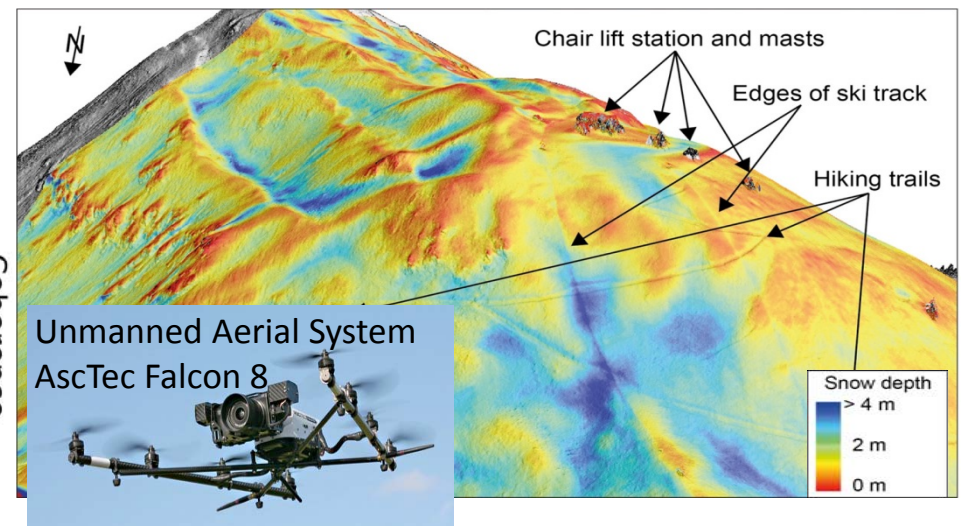
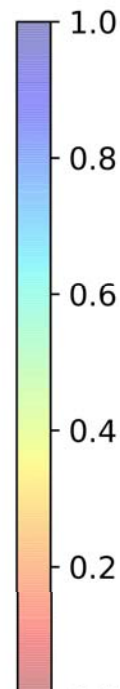
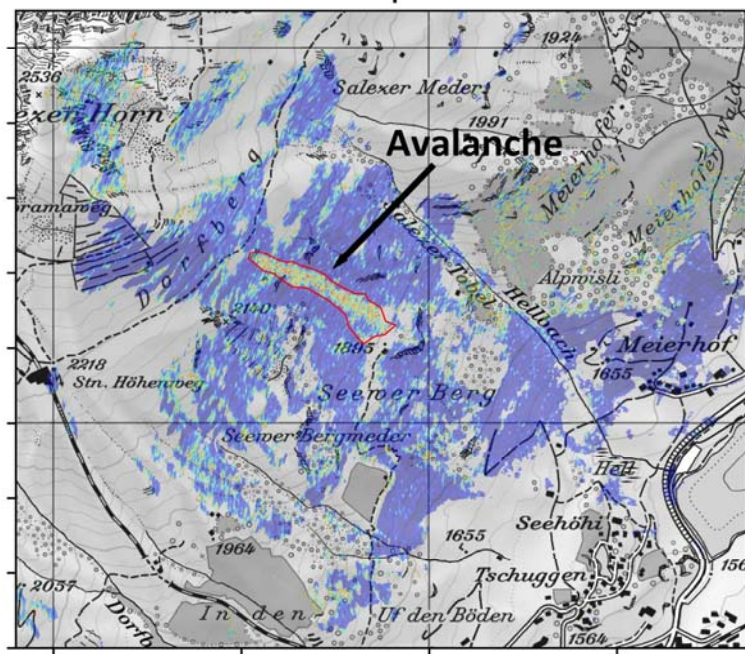


Project from Dec15- April16 /Dec16-April17 with SLF



Operation under the Radom

Avalanche map 21.03.2017



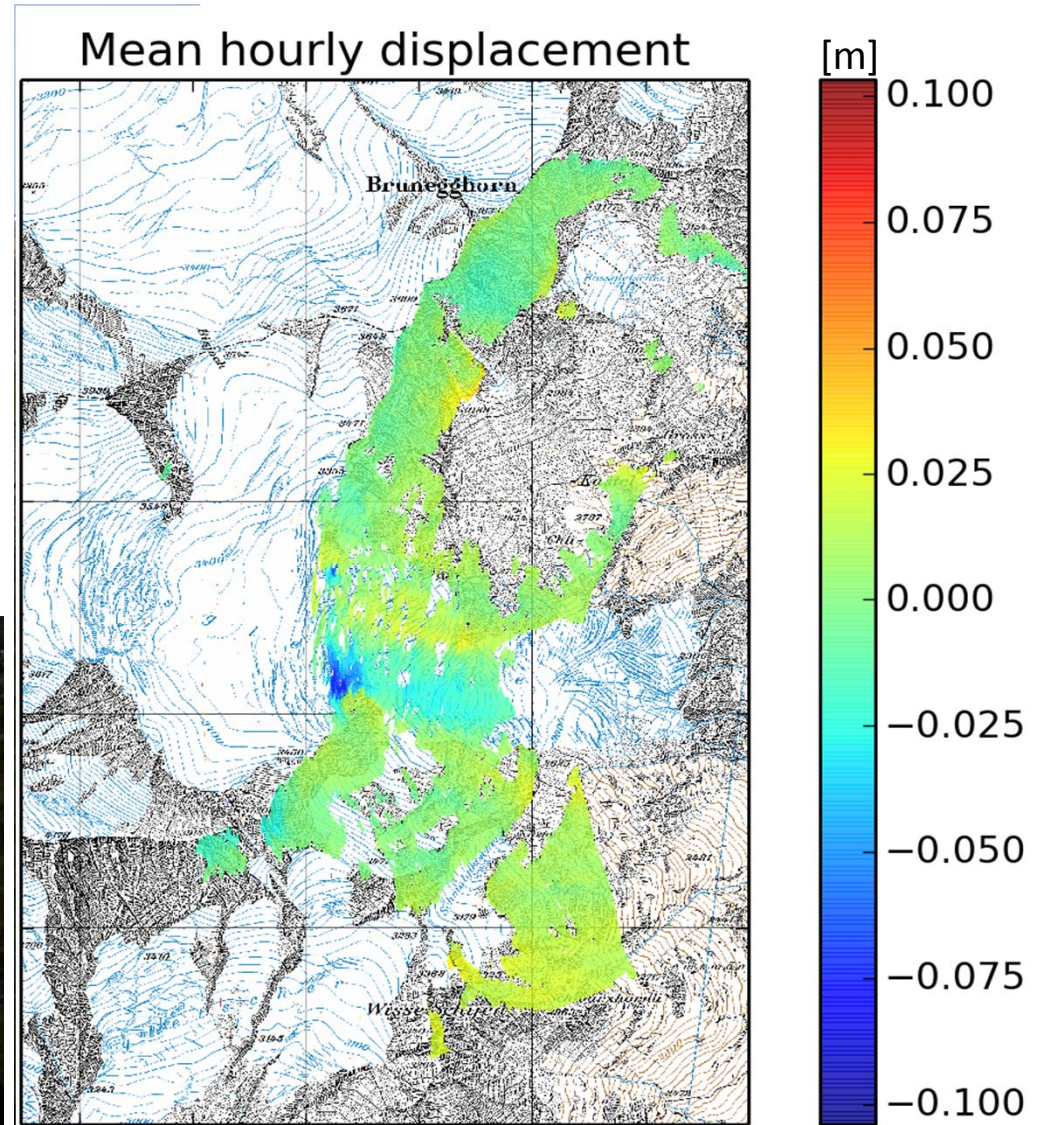
ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Ground-based Real-Time Monitoring

Glacier Velocity Monitoring

Product delivery: onsite [min/h]



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Airborne SAR Applications

Agriculture

- Agricultural crop characterisation

Hydrology

- Soil moisture estimation under the vegetation

Forestry

- Forest height estimation
- Forest vertical structure estimation

System Design

- Ka-band single-pass interferometer for high resolution digital elevation models (co-financed by ETH)

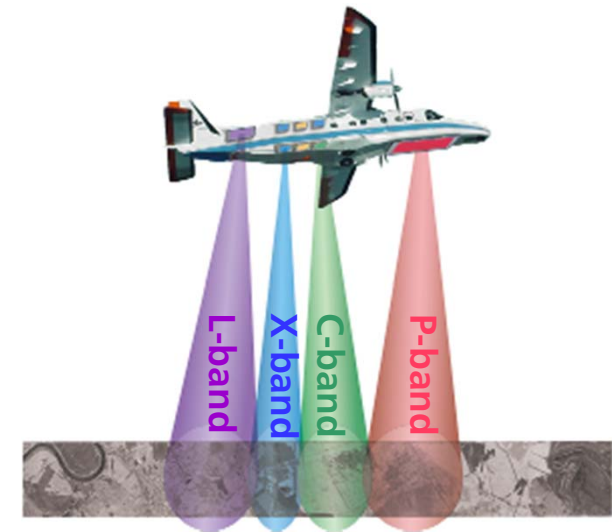


The Advanced Airborne Sensor F-SAR

(German Aerospace Center)

Technical characteristics:

- simultaneous data recording in up to four frequency bands
- modular design for easy reconfiguration
- single-pass polarimetric interferometry in X- and S-band
- fully polarimetric capability in all frequencies



Items	X	C	S	L	P
RF [GHz]	9.6	5.3	3.2	1.3	0.3/0.4
BW [MHz]	800	400	300	150	100/50
PRF [kHz]	up to 12				
Rg. res. [m]	0.2	0.4	0.5	1.0	1.5
Az. res. [m]	0.2	0.3	0.4	0.5	1.5
Pol/SP-InSAR	+/+	+/o	+/+	+/o	+/o
Rg cov	up to 5 km				
Sampling	8 bit real; 1000 MHz; max number of samples 64 K per range line; 4 recordings channels				

D-InSAR for Soil Moisture Inversion

(CanEx-SM10 campaign (UAVSAR – JPL/NASA))

Agricultural area

Rain-fed agriculture

Bare fields, partially covered with residue

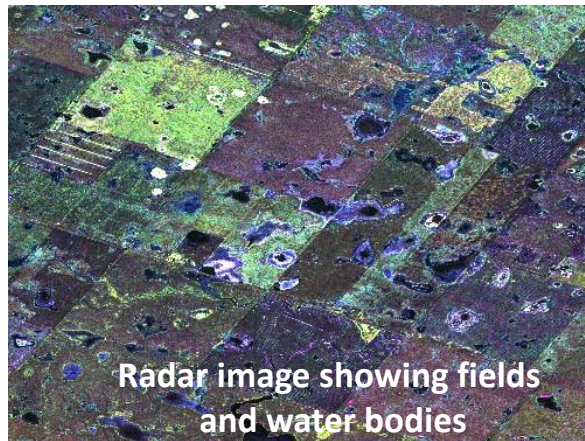
Water bodies widespread

Study period

2 weeks, after harvest

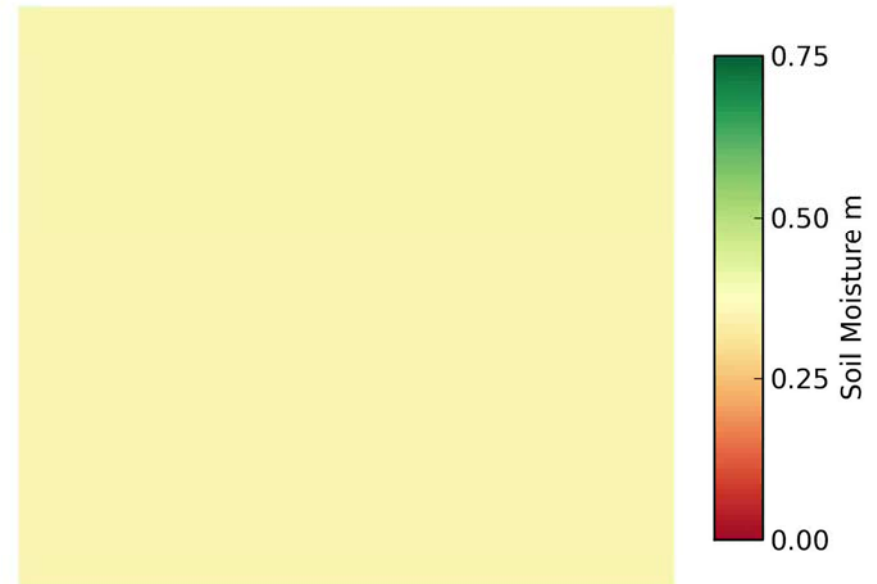


Location in Saskatchewan, Canada

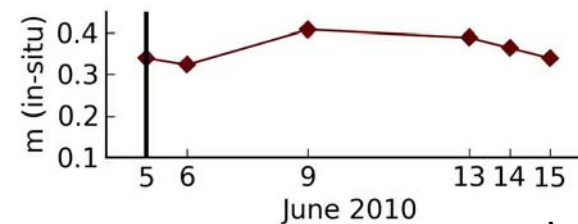


Radar image showing fields and water bodies

HH Phase Inversion (linearized)



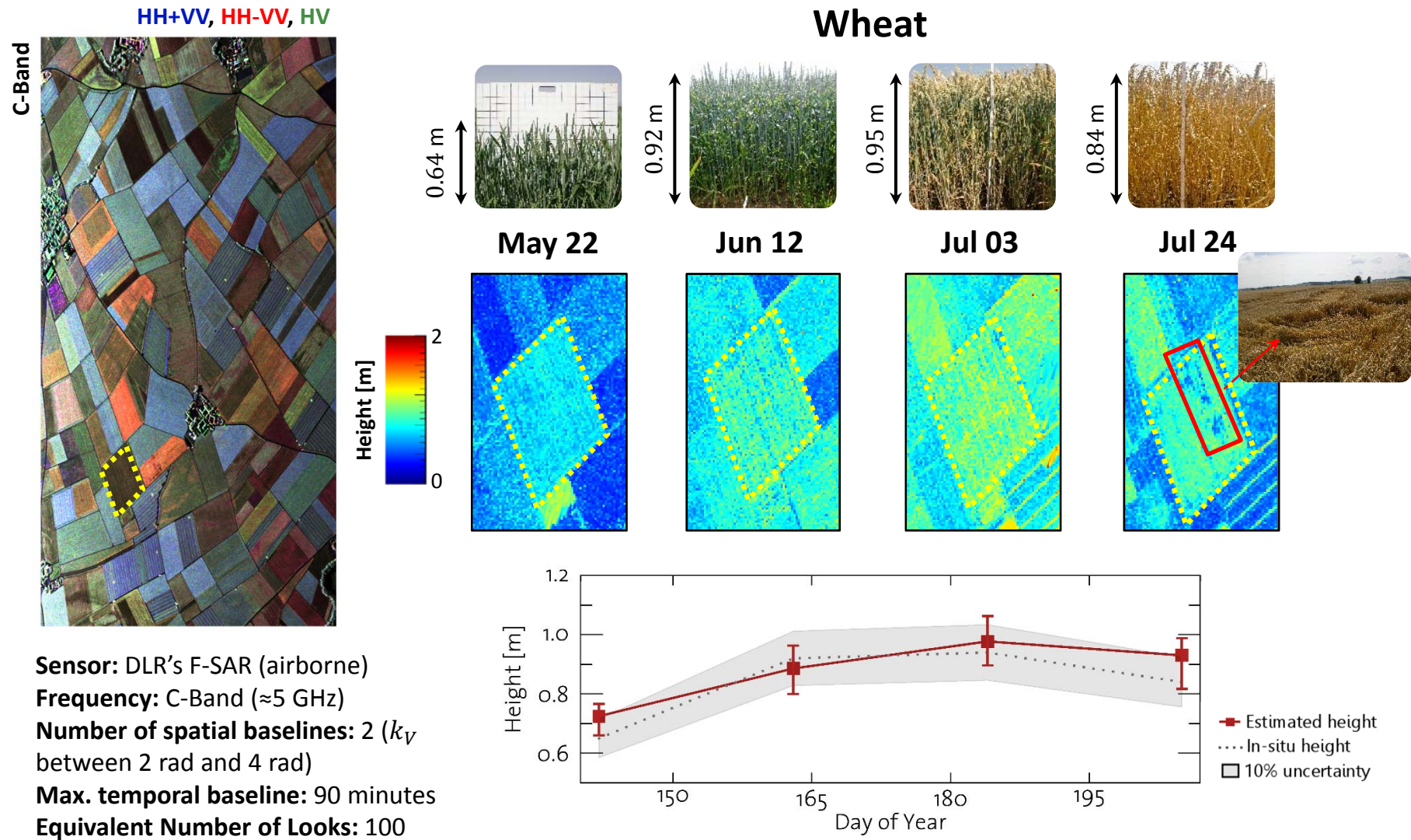
5 June 2010



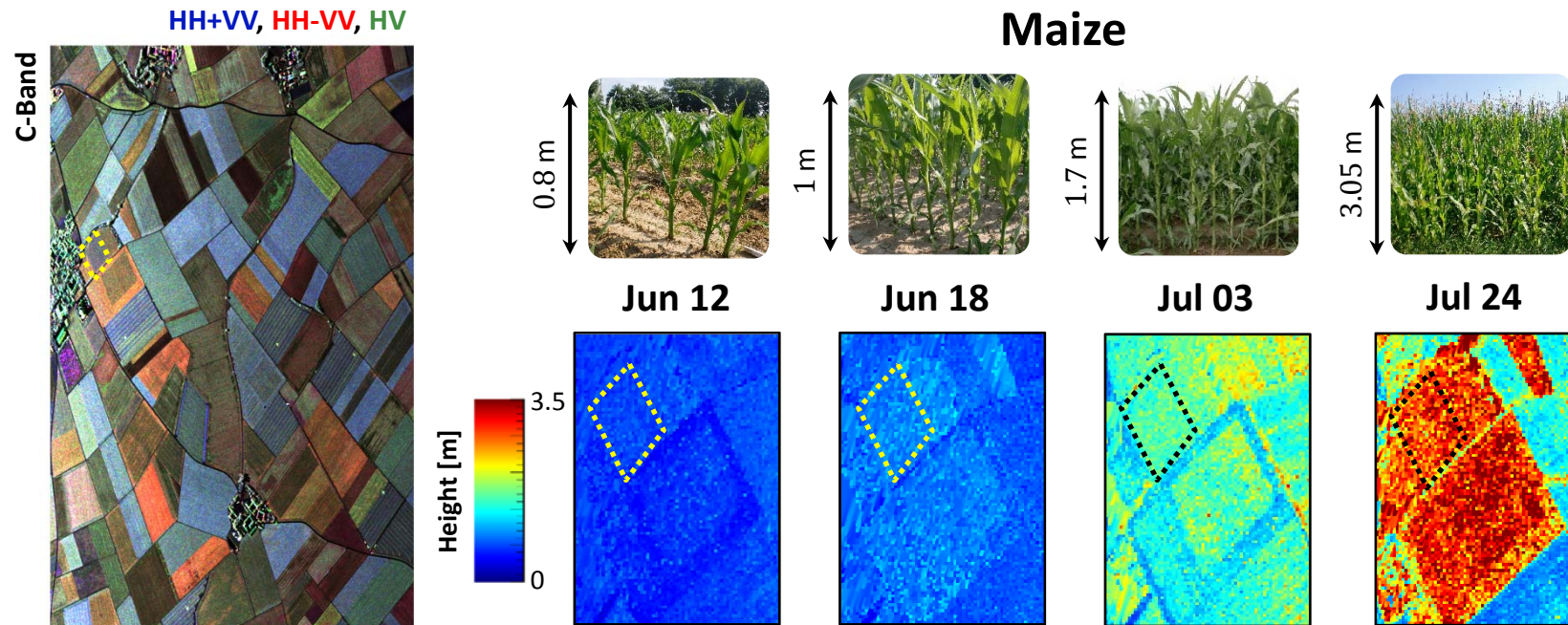
1 2 3
km

PhD: Simon Zwieback

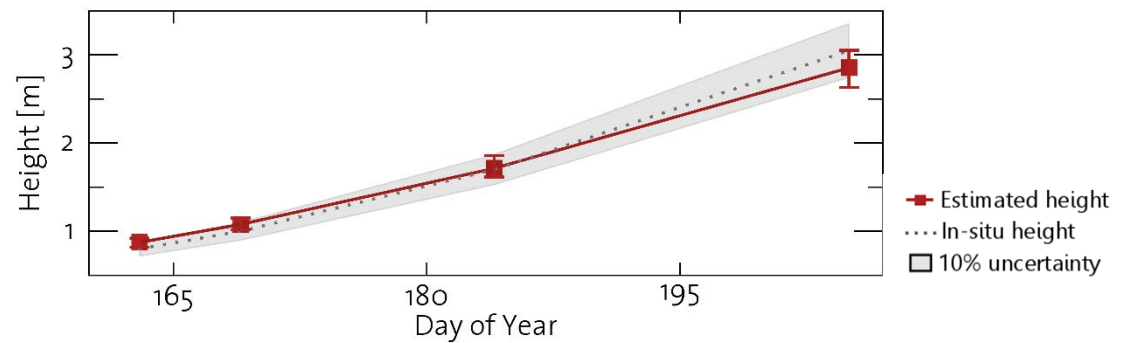
CROP-EX 2014: Crop height estimation from Pol-InSAR data



CROP-EX 2014: Crop height estimation from Pol-InSAR data



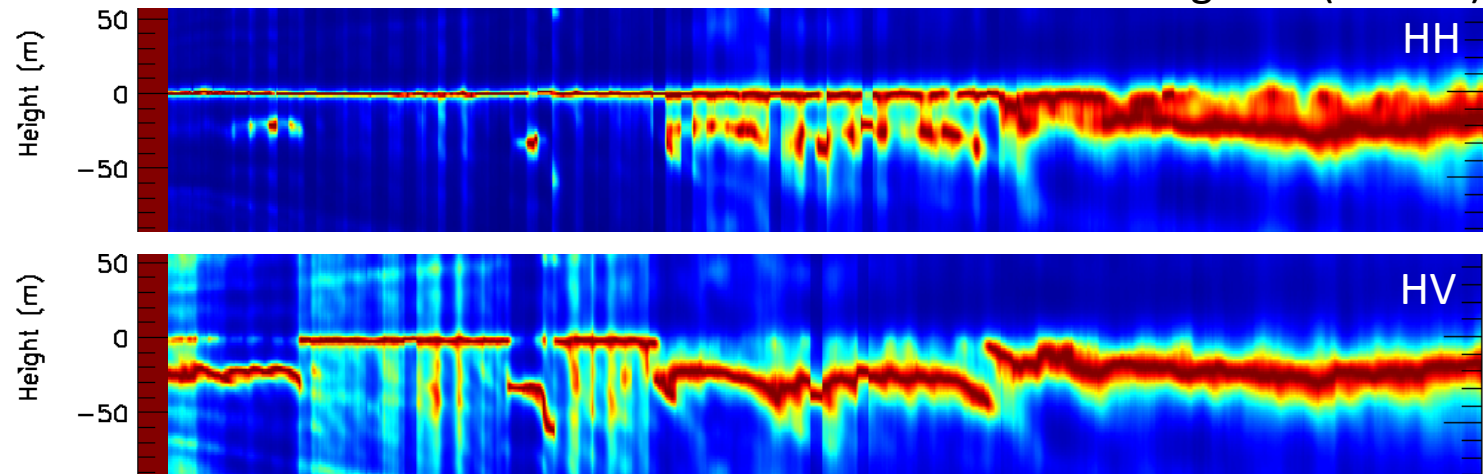
Sensor: DLR's F-SAR (airborne)
Frequency: C-Band (≈ 5 GHz)
Number of spatial baselines: 2 (k_V between 2 rad and 4 rad)
Max. temporal baseline: 90 minutes
Equivalent Number of Looks: 100



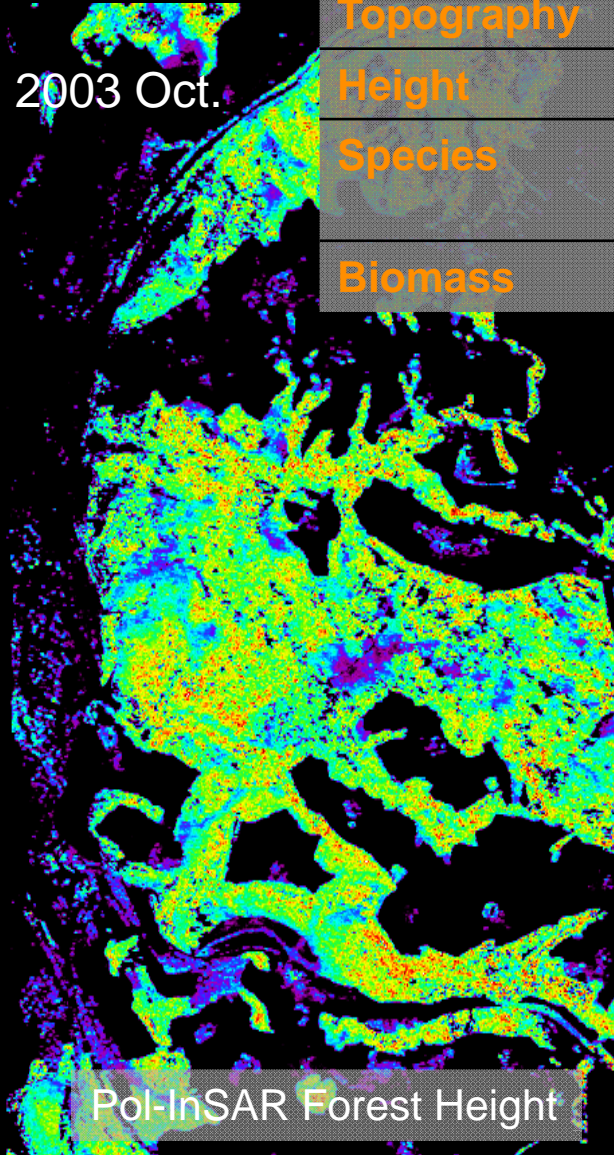
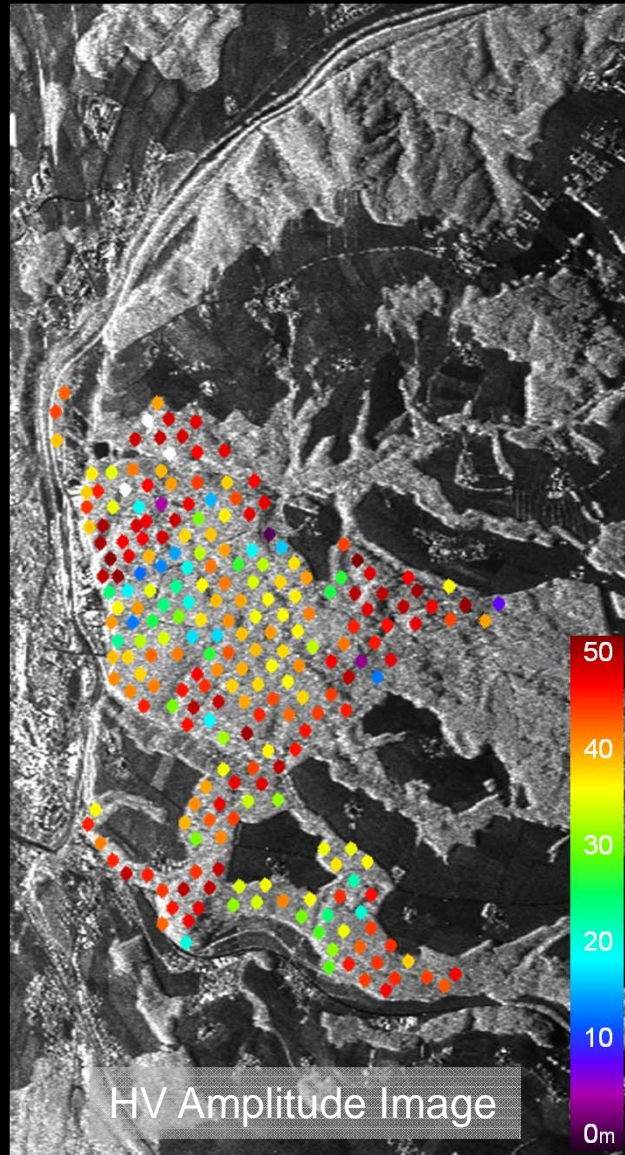
Greenland Experiment May-June 2015



Tomograms (L-Band)



Traunstein Test Site



Forest type

Temperate

Topography

Moderate slopes

Height

25 ~ 35m

Species

N. Spruce, E. Beech, White Fir

Biomass

40 ~ 450 t/ha



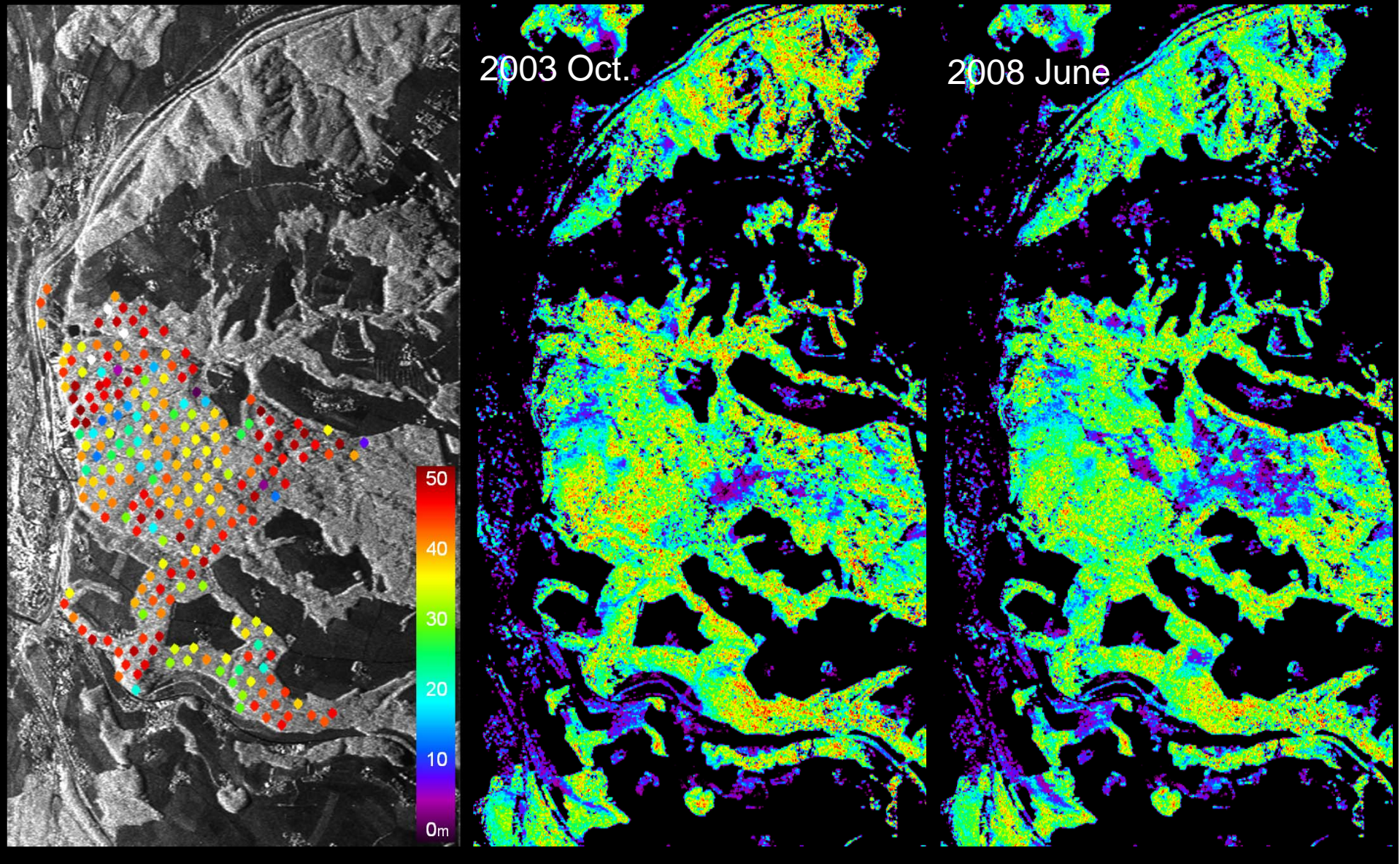
Earth Observation and
Remote Sensing

hajsek@ifu.baug.ethz.ch - 16

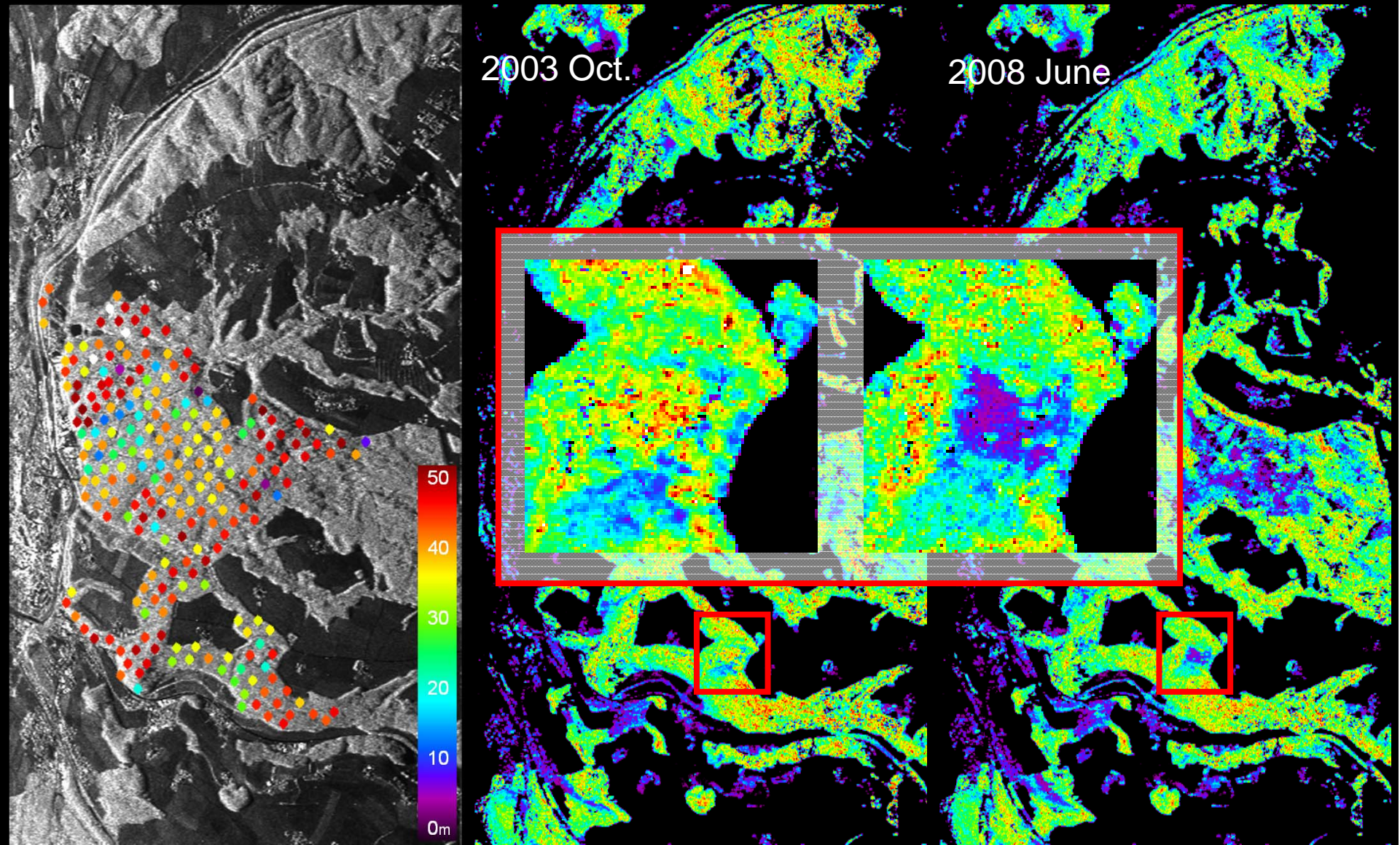


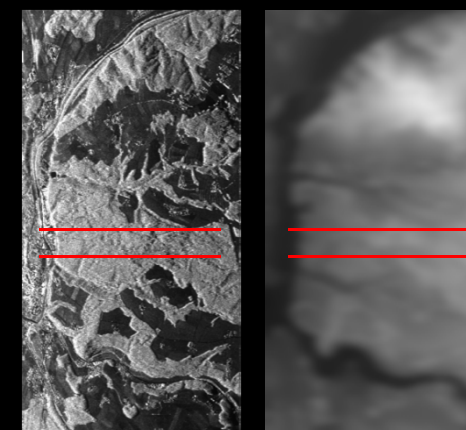
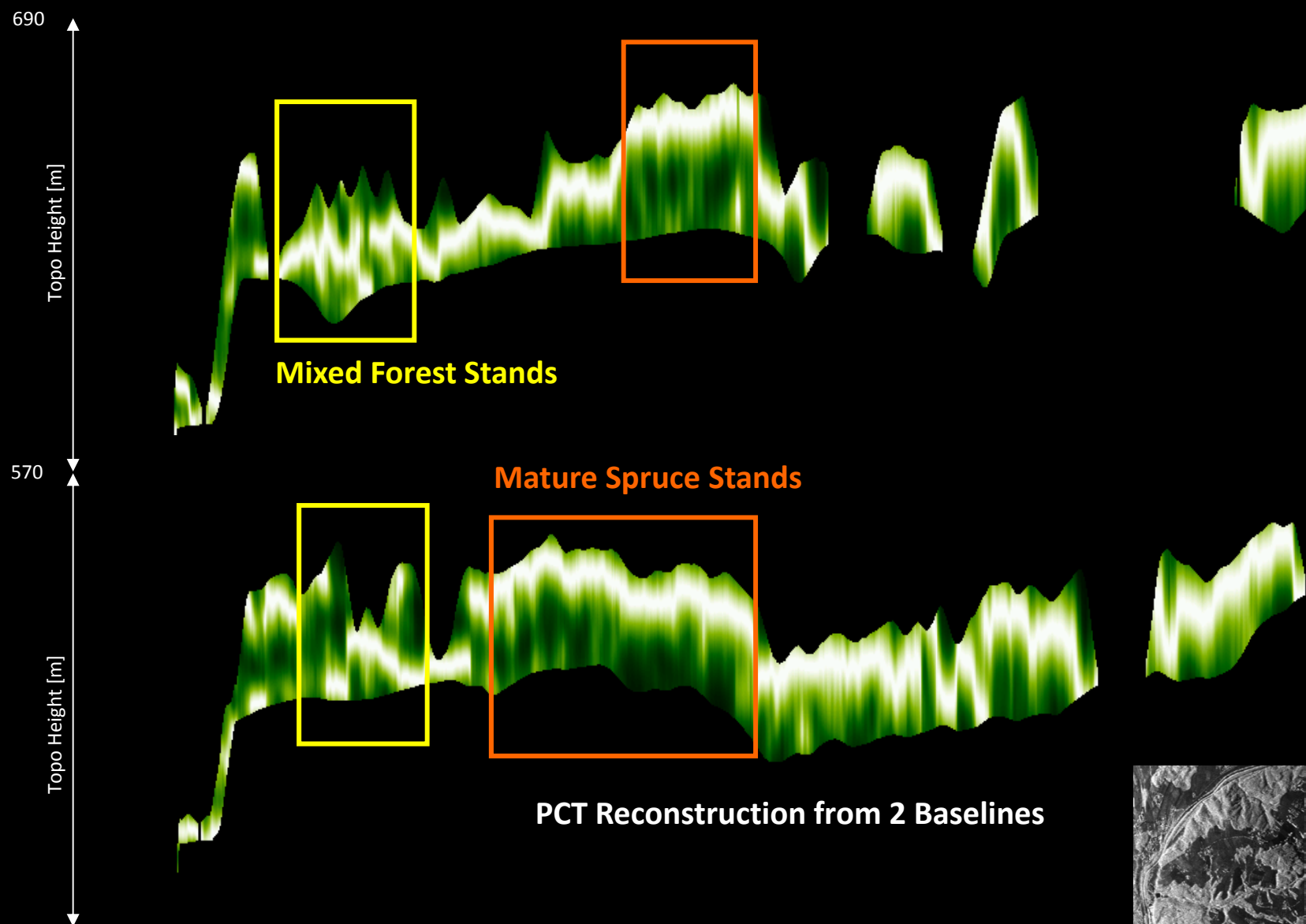
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Traunstein Test Site



Traunstein Test Site



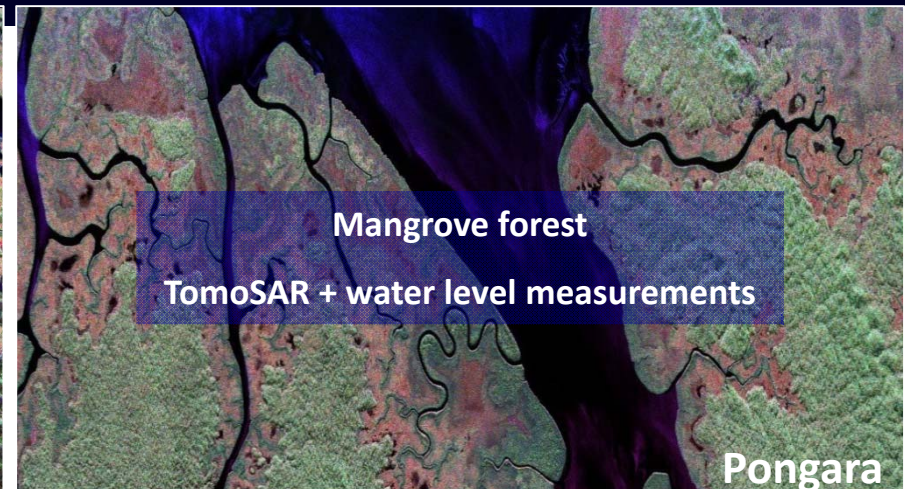
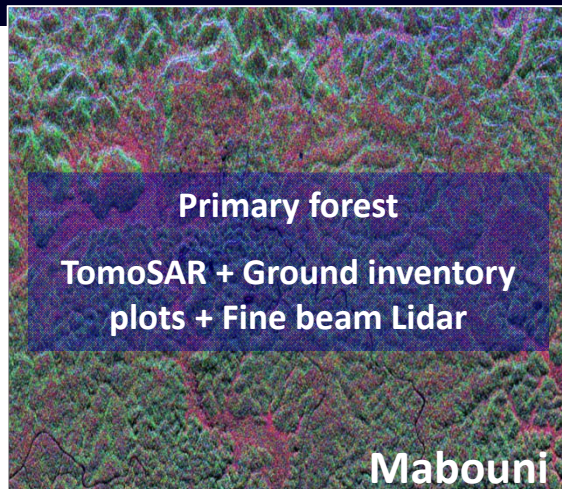
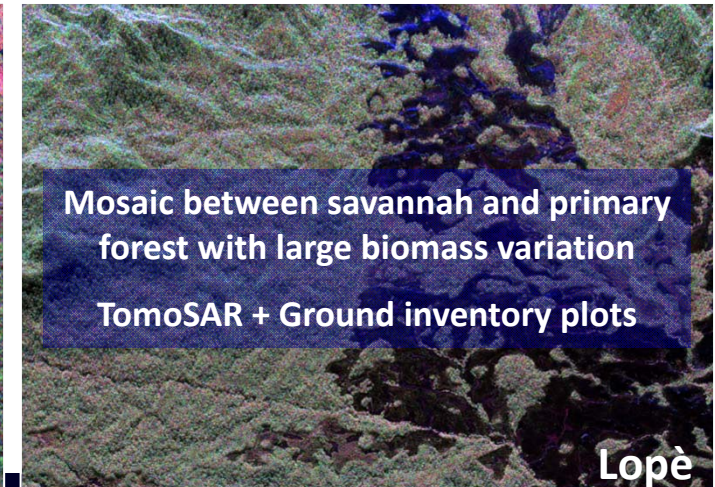
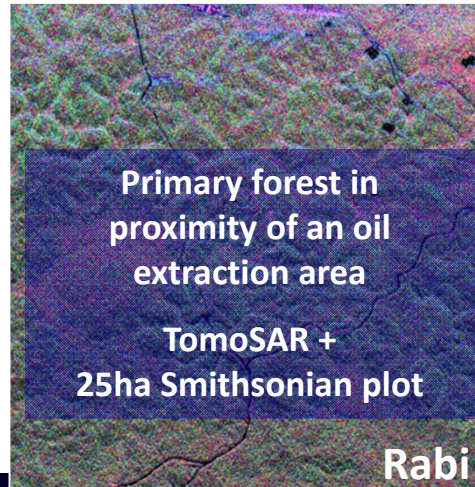


Test site: Traunstein, Germany, L-band @ HV Polarisation

AfriSAR

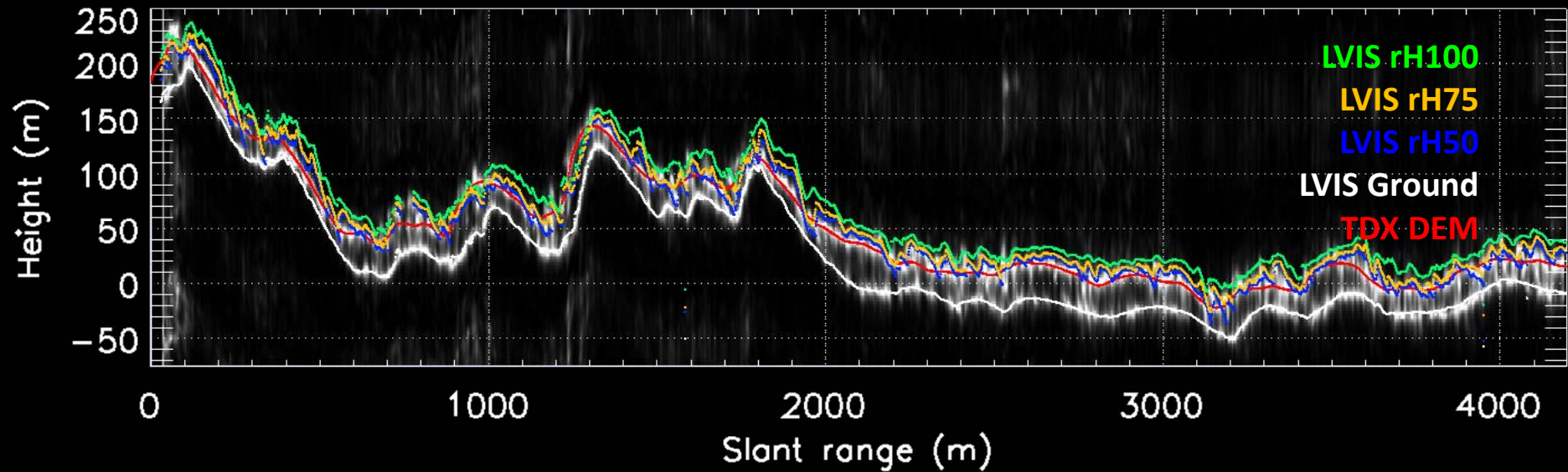
Tropical Forest Campaign in Gabon 2016



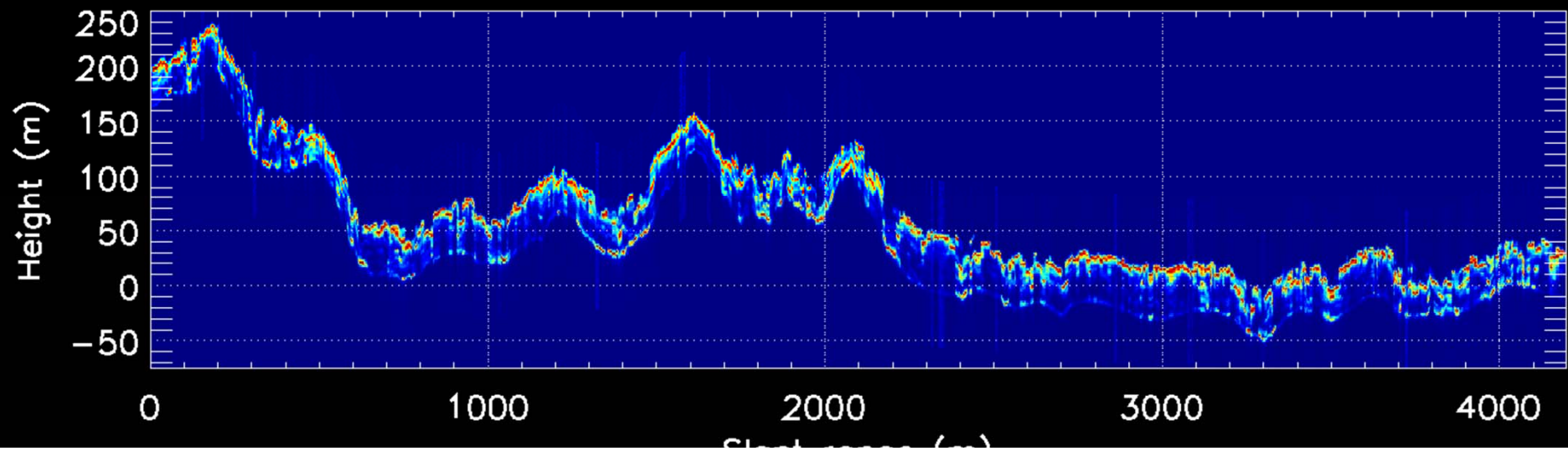


HH+VV HV HH-VV

F-SAR- HH – Normalized intensities



LVIS – Normalized intensities



Spaceborne Applications

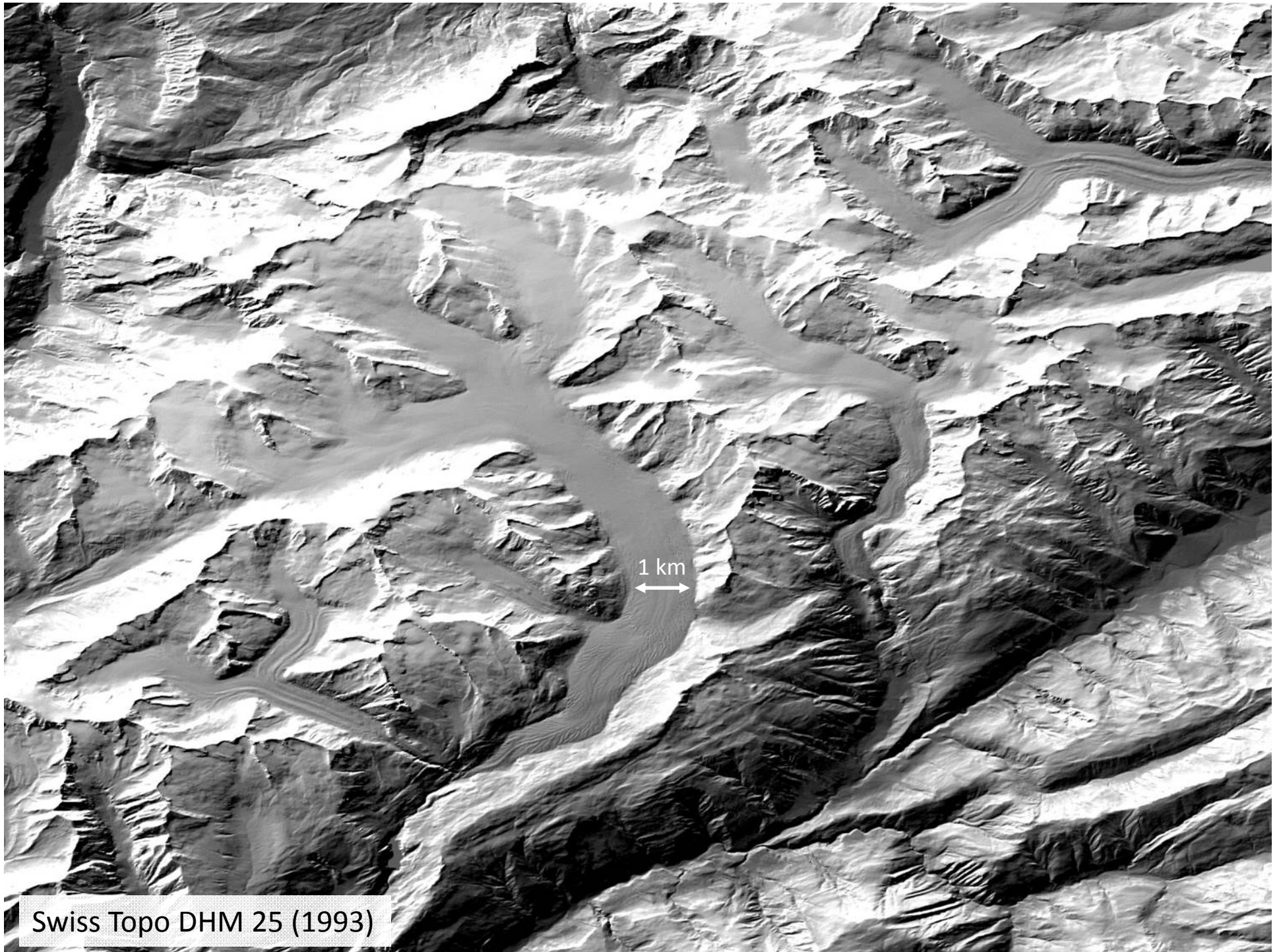
Cryosphere

- Glacier retreat
- Glacier mass balance estimates
- Snow accumulation

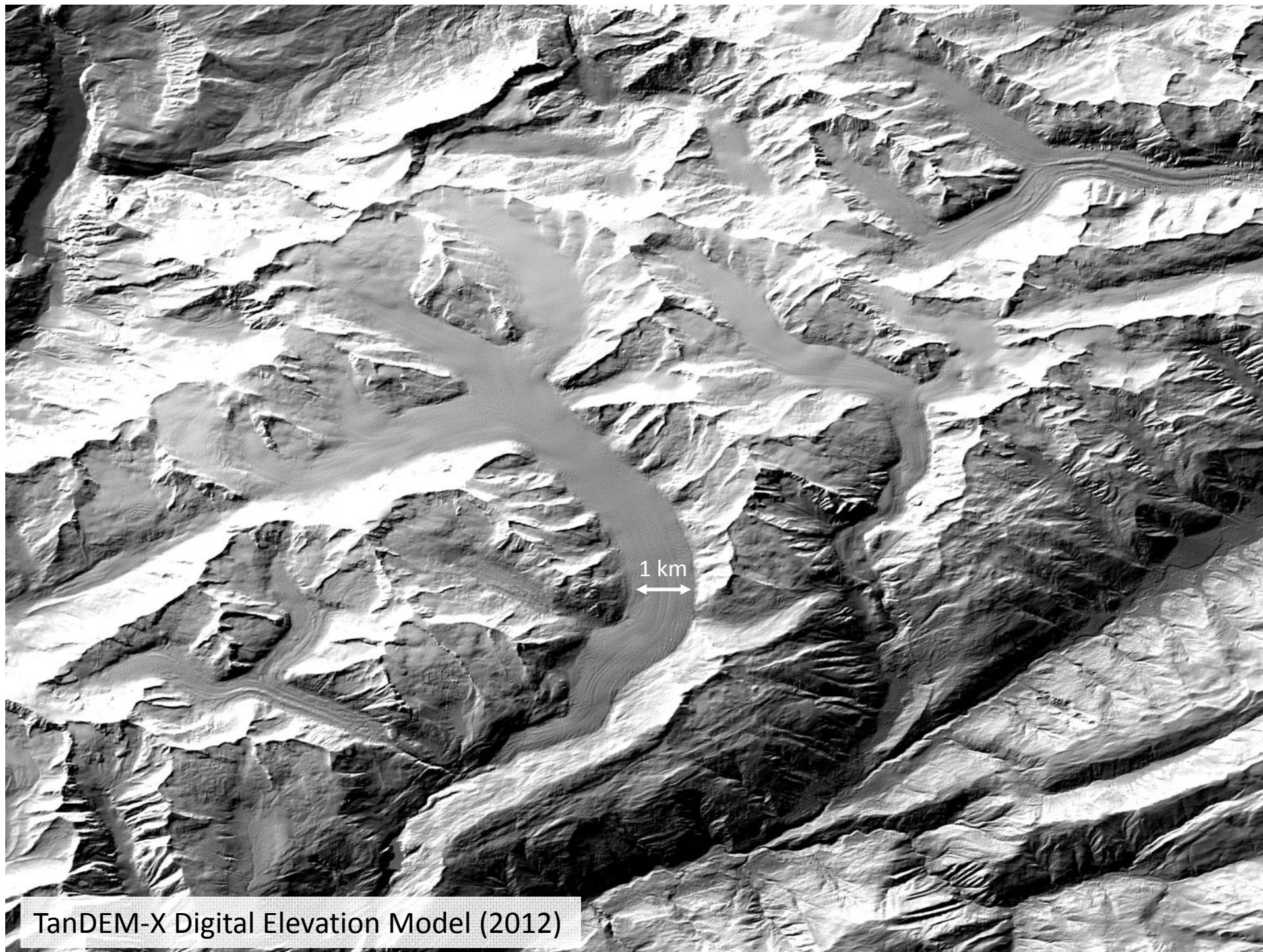
Tomography

- Urban subsidence/deformation





Swiss Topo DHM 25 (1993)



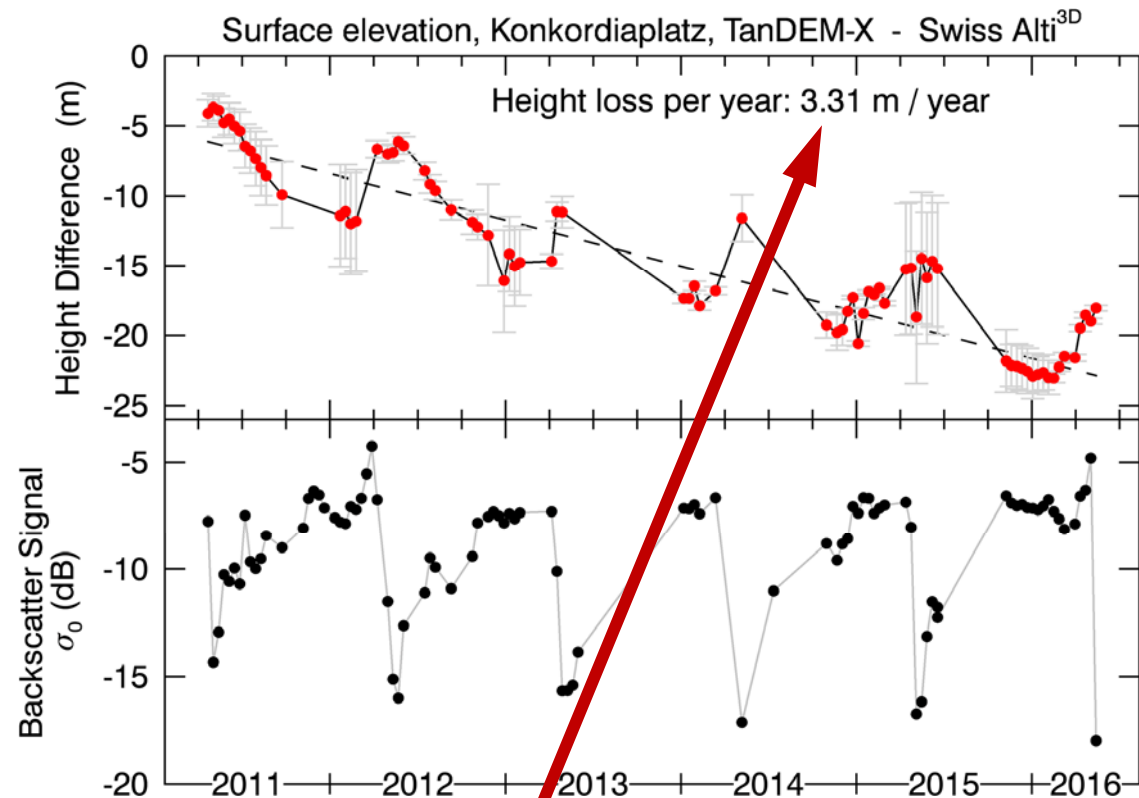
TanDEM-X Digital Elevation Model (2012)

Aletschglacier 2011 - 2016, Switzerland

TanDEM-X vs. SwissAlti3D (2009)



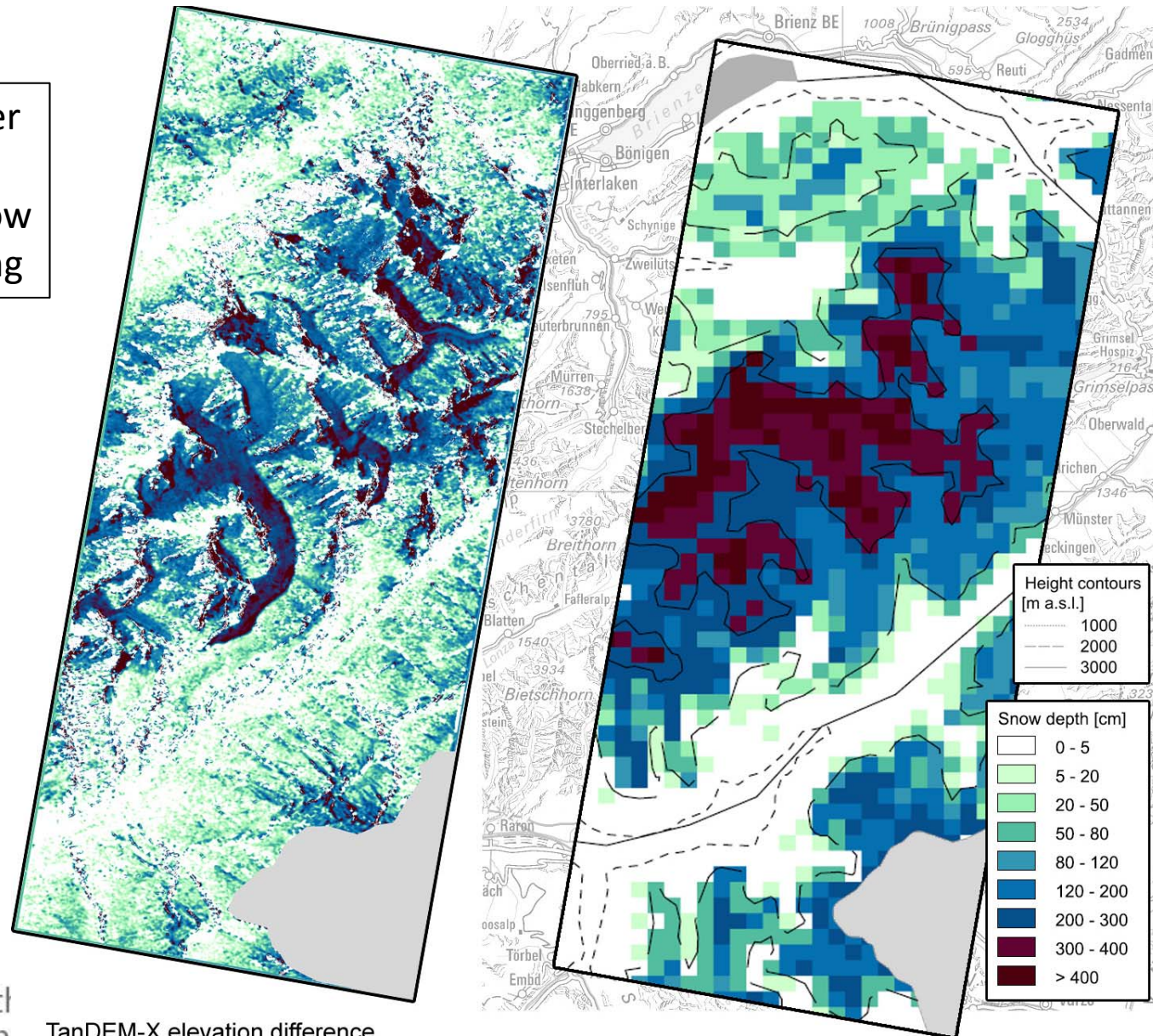
00.00.2014



- Agreement with results of climate scenarios:
DEG2: -2.4 m / year (political aim)
ENSmed: -3.6 m / year (business as usual)
- Periodic seasonal changes.
- Height increase at the onset of snow melt.
(wet snow detected by low backscatter).

Snow Depth determined by DEM Differencing

summer
vs.
wet snow
in spring



Twin Glacier collapse in Tibet, near lake „Aru Co“

ΔH : 2011 – 2013 (TDM)

ΔH : 2013 – 2016 (TDM)

+ 5 m
 ΔH
- 5 m

Ice bulges

Downwelling

Glacier surge: grow at tongue, loss on top

Retreating glaciers

Height gain

ΔH : 2011 – 2013

Most glaciers retreat at tongue, but grow on top

+ 3 m
 ΔH
- 3 m

+10 m
 ΔH
-10 m

- Climate driven steepening + changing of thermal regime of glacier caused catastrophic collapse with avalanche volumes of 65 and 83 Mio m³.
- 2nd avalanche was predicted thanks to systematically archived TDM data and real-time S2 acquisitions.

Improved deformation measurements in urban areas by means of SAR tomography

Elevation + deformation + thermal expansion phase modeling



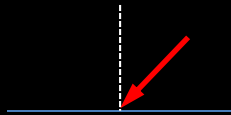
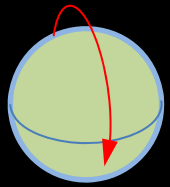
Data: interferometric stack of 50 TerraSAR-X spaceborne SAR data sets

Fallstudie: Potential zu Oberflächenbewegungen in der Schweiz

- Machbarkeitsstudie:
 - Sensoren
 - Expertise
 - Geographische Gegebenheiten (Topographie)

Geometric effects: Shadow / Layover

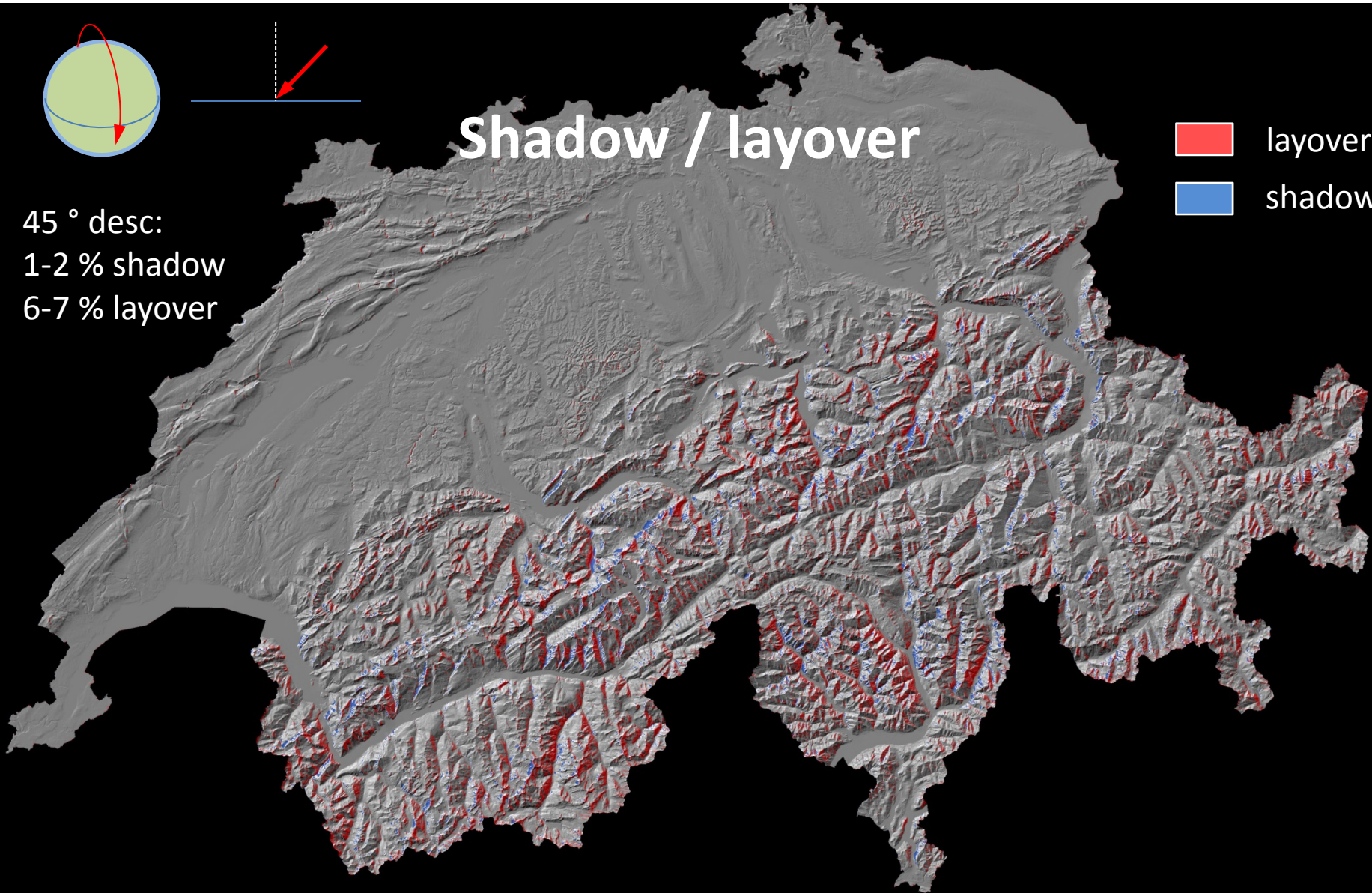


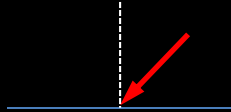
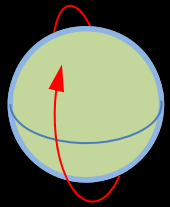


Shadow / layover

layover
shadow

45 ° desc:
1-2 % shadow
6-7 % layover

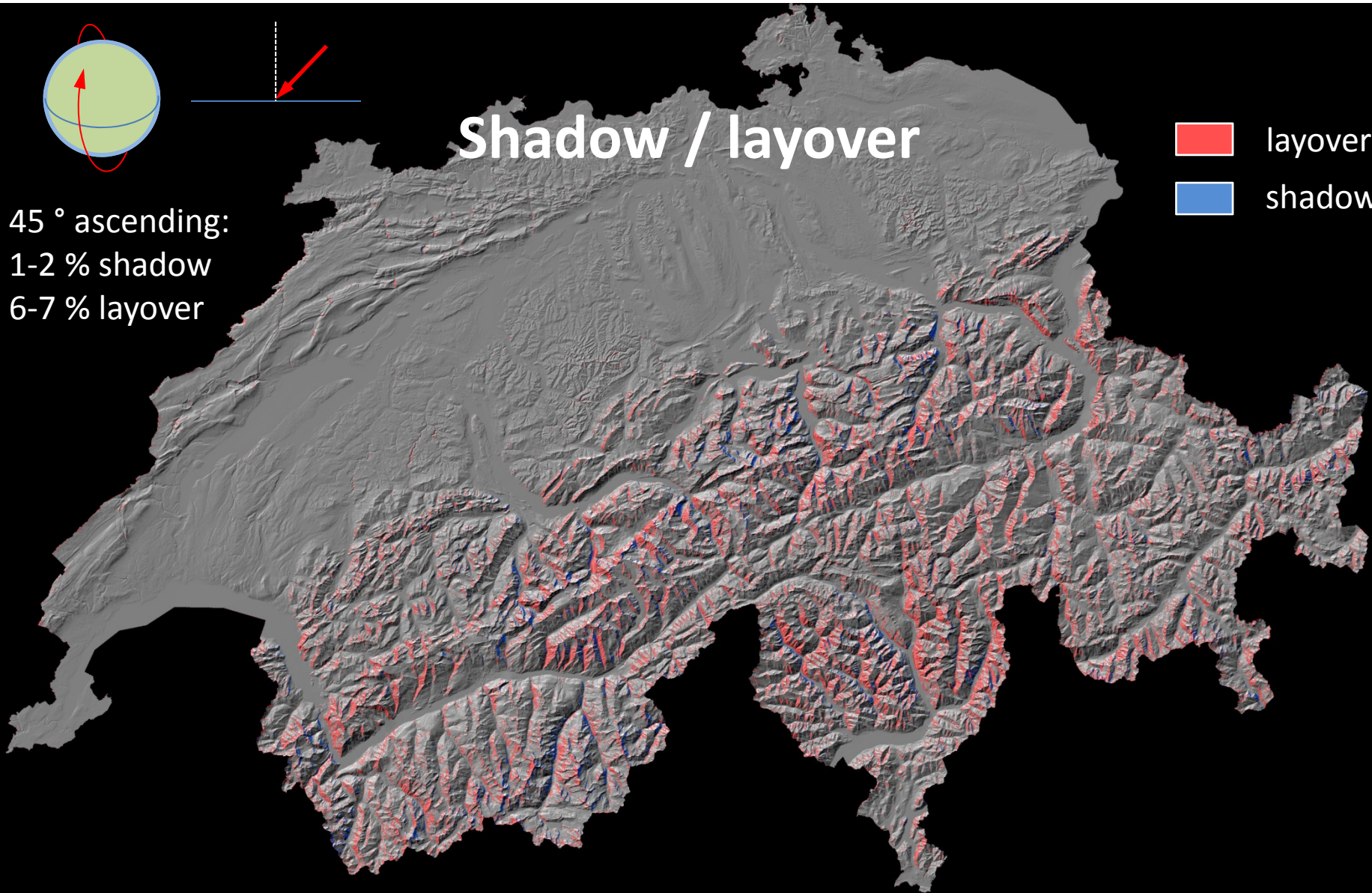




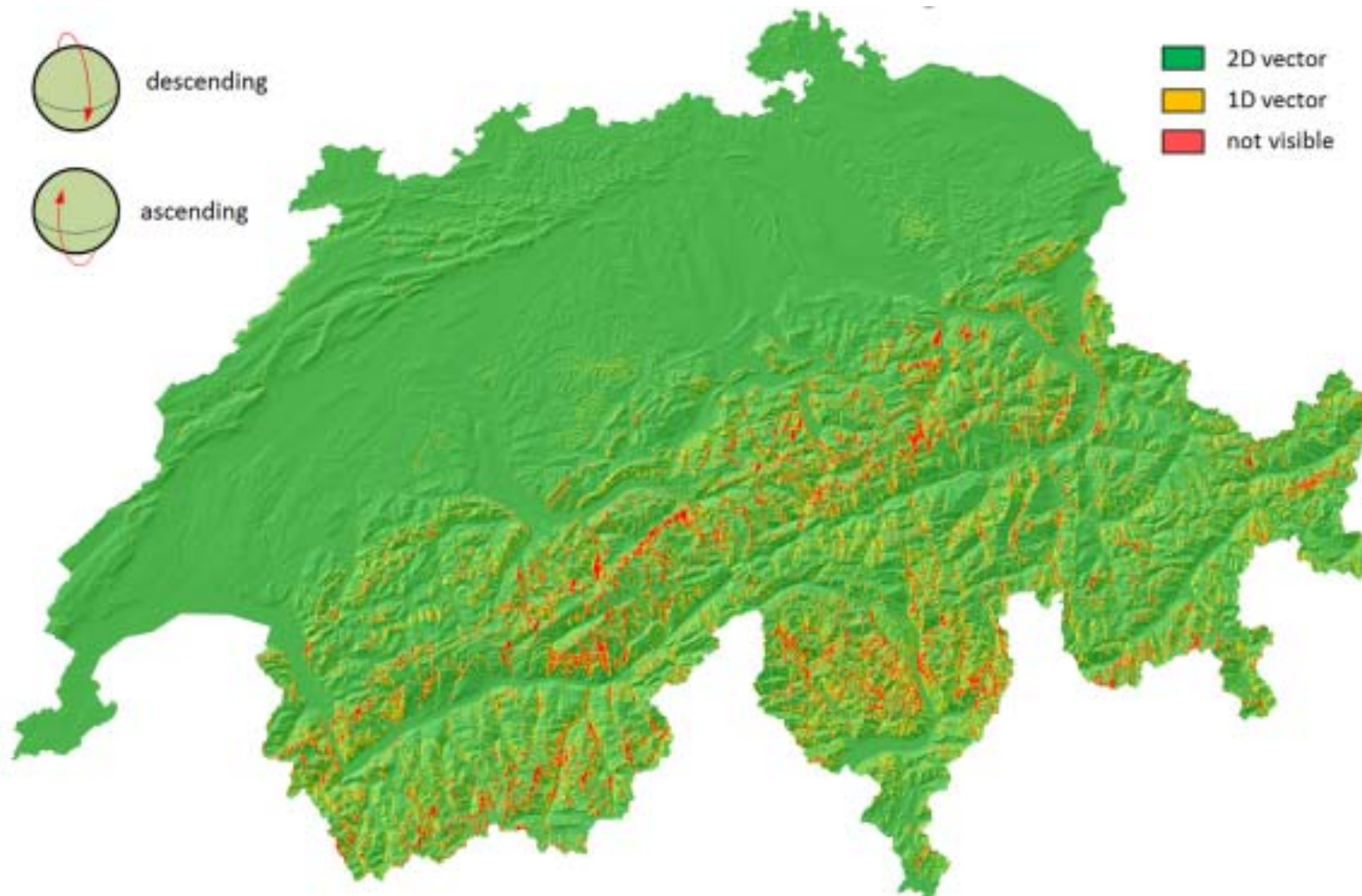
Shadow / layover

layover
shadow

45 ° ascending:
1-2 % shadow
6-7 % layover



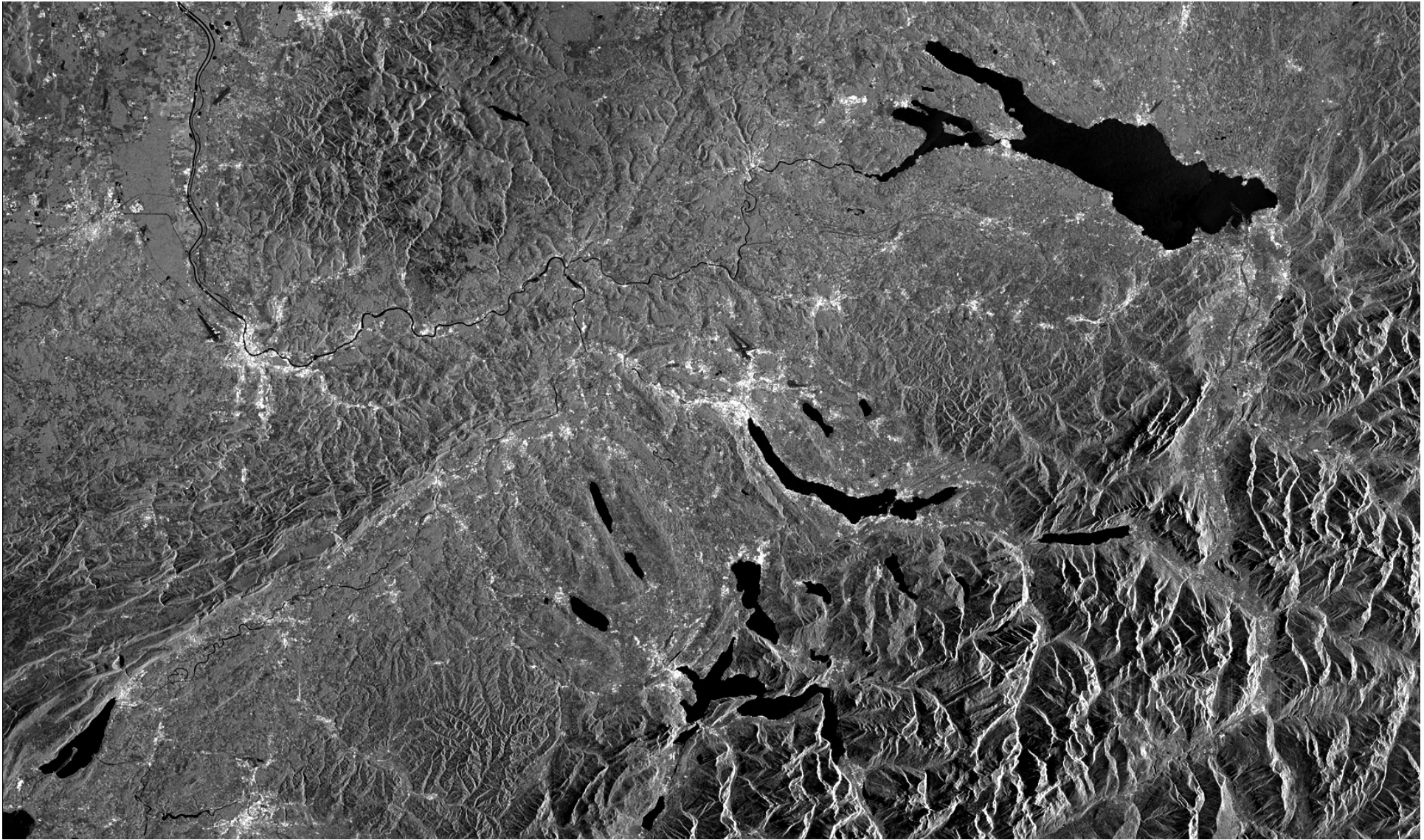
**Classification of Switzerland depending on the number of deformation vector components which can theoretically be determined with radar interferometry:
Ascending/Descending 45 degree**



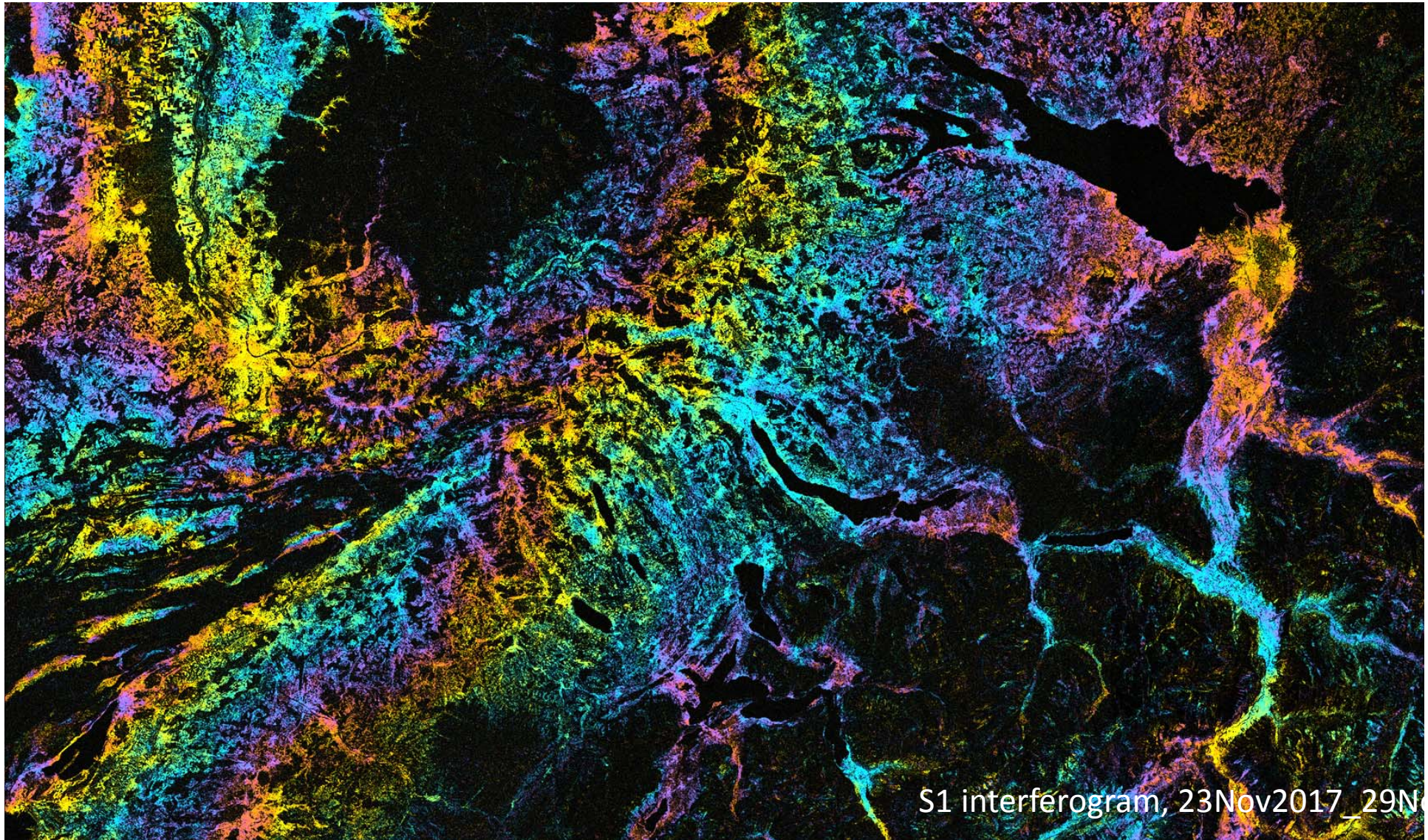
**Classification of Switzerland depending on the number of deformation vector components which can theoretically be determined with radar interferometry:
Ascending/Descending 35 degree**



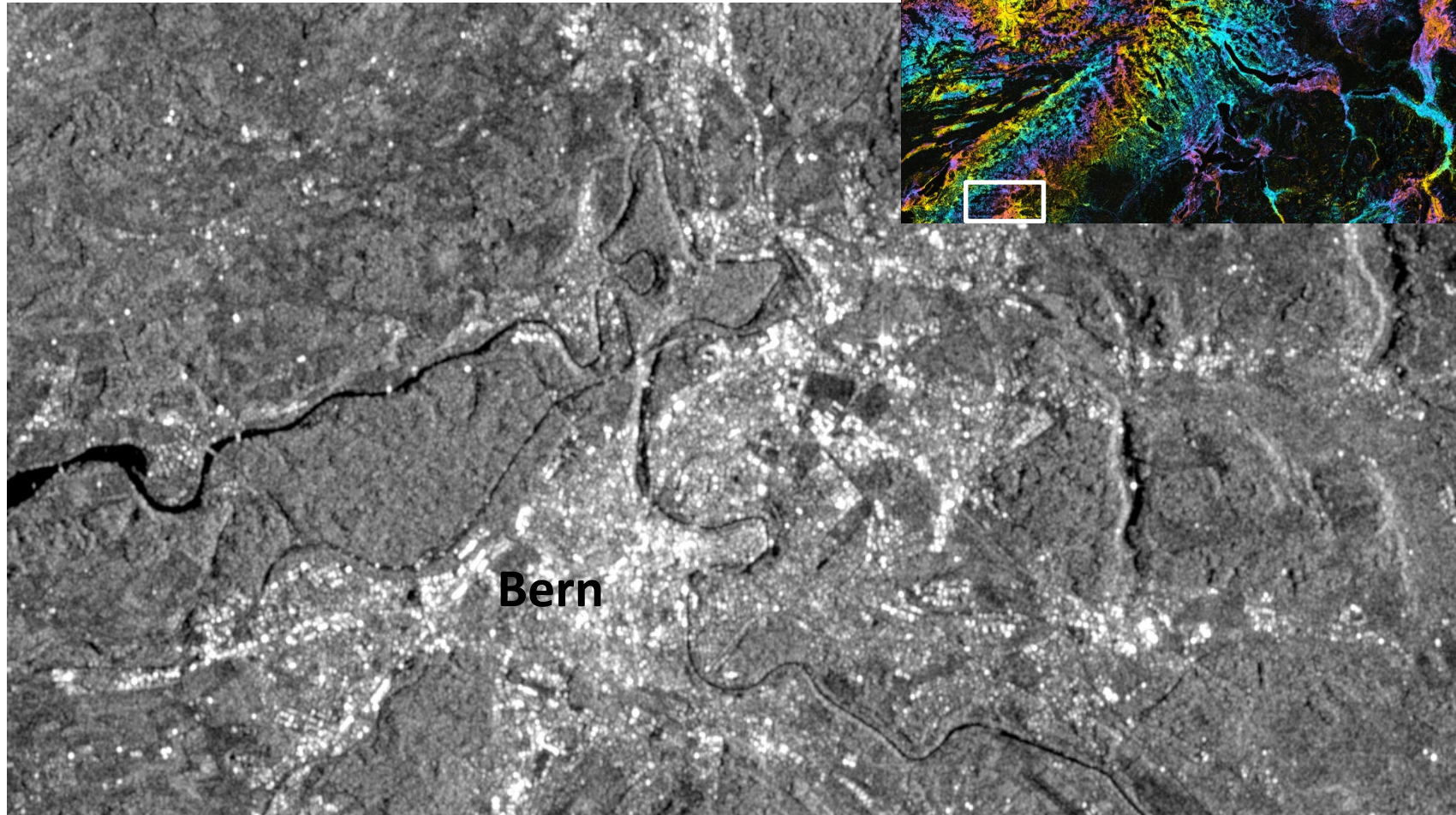
Effect of land cover



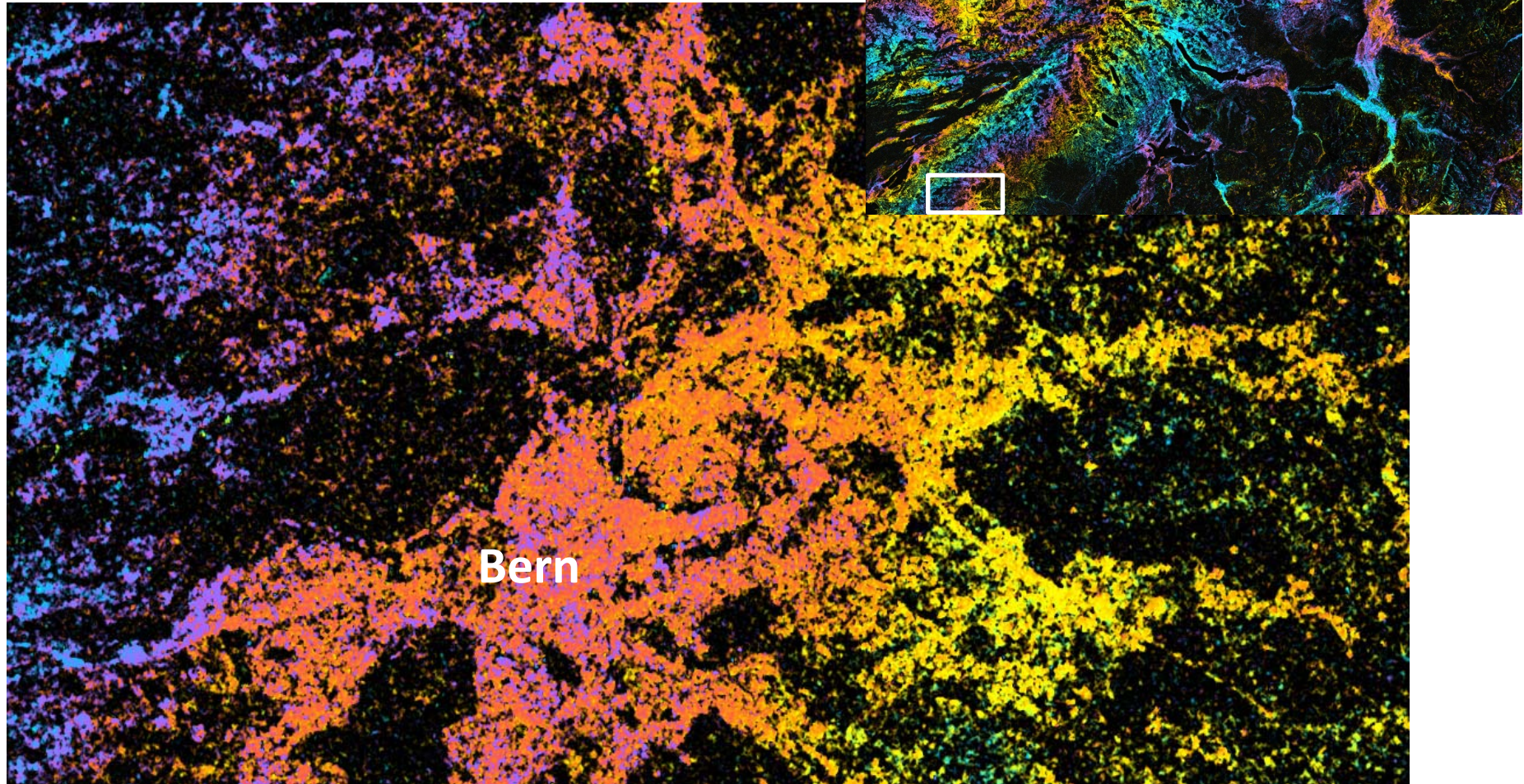
Effect of land cover



Effect of land cover

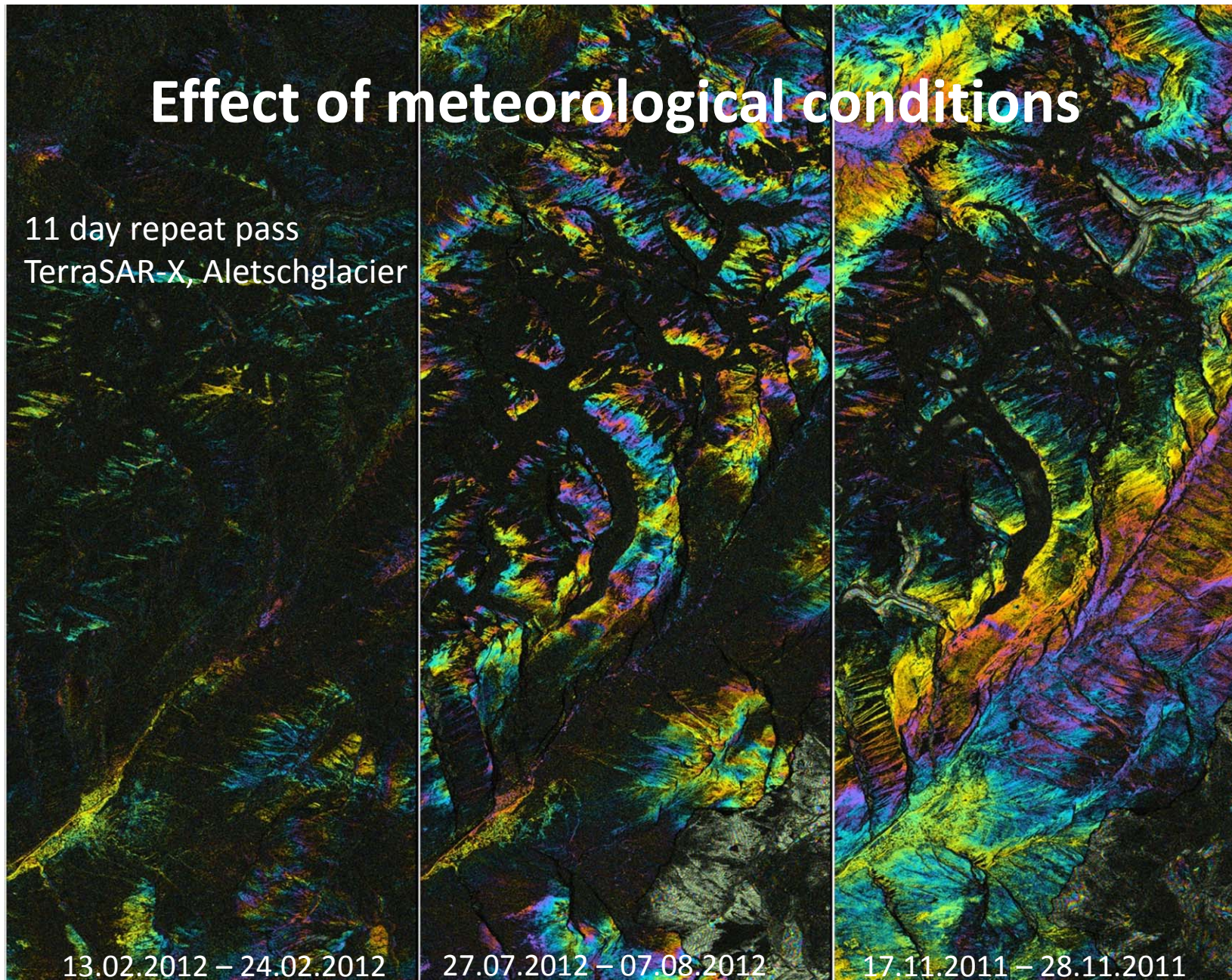


Effect of land cover



Effect of meteorological conditions

11 day repeat pass
TerraSAR-X, Aletschglacier



Earth Observation and
Remote Sensing

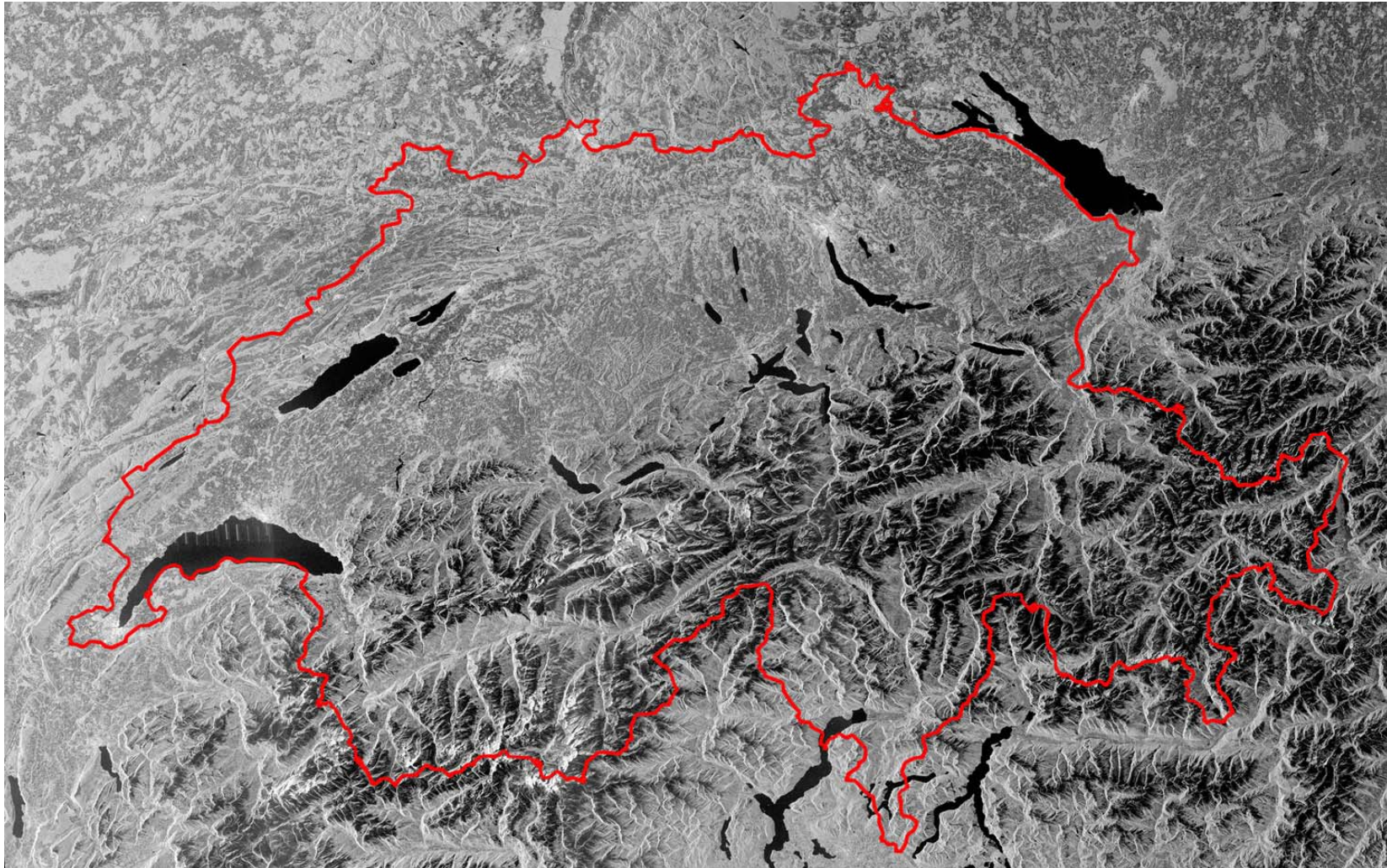
- 41 -

Irena Hajnsek, hajnsek@ifu.baug.ethz.ch



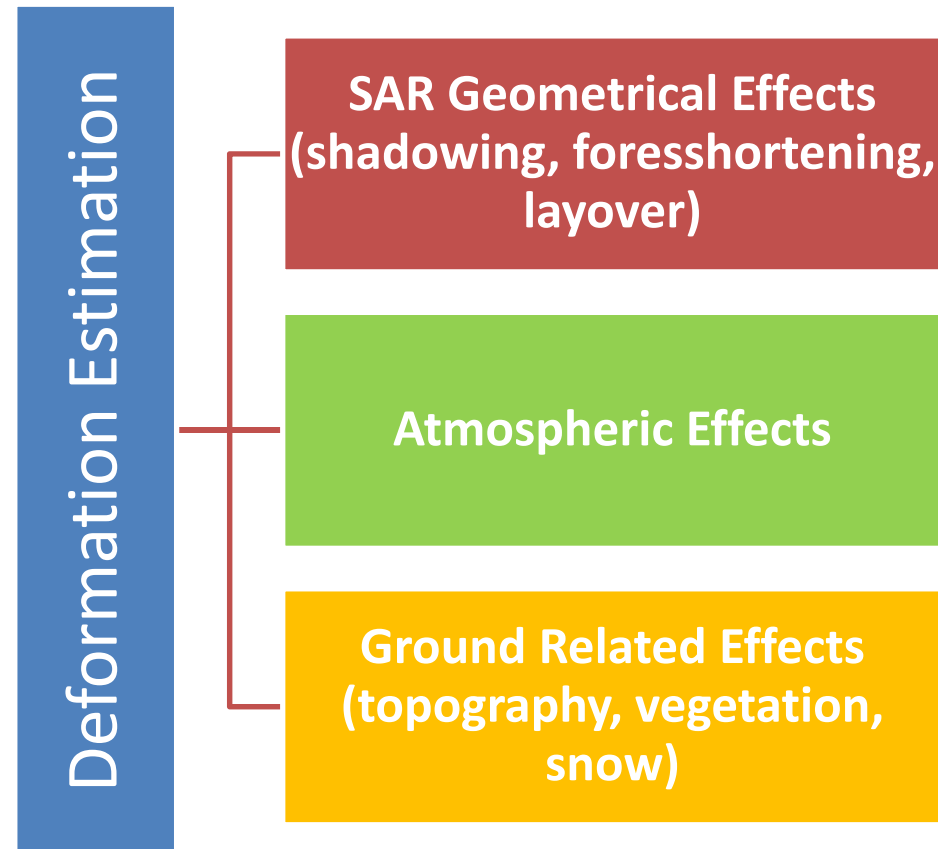
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

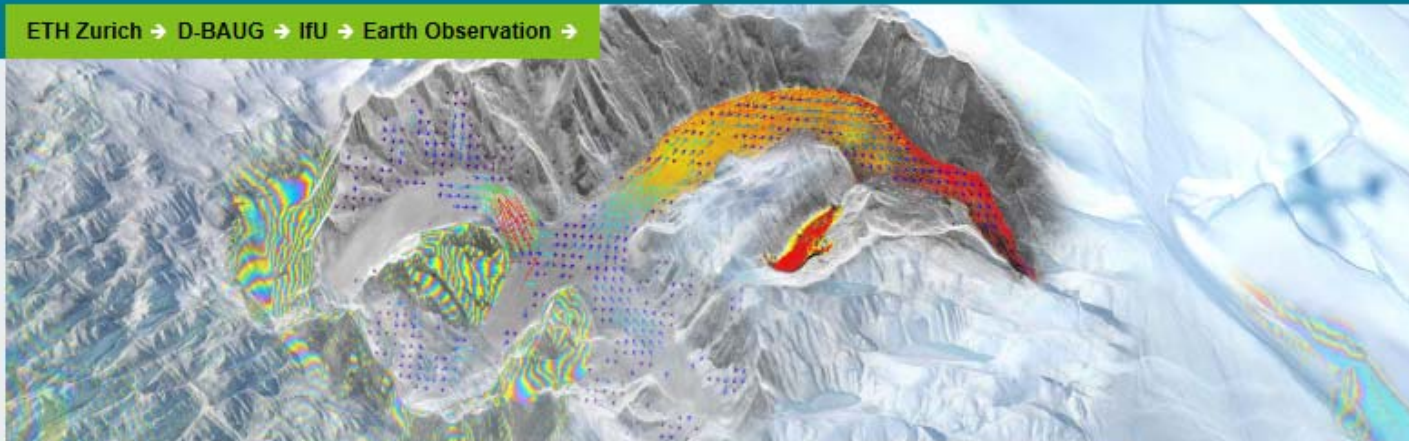
Wet snow / forest



Consideration for a Deformation Map over the Swiss Alps

- The generation of complete deformation map over the swiss alps is today possible!
- There are limiting effect which can cause gaps in the map and a lower estimation accuracy!
- Sentinel-1 is able to deliver high amount of data and the needed coverage!
- Gaps could be potentially covered with airborne SAR/ground based data!





Sensing the cryosphere

We use space-borne, air-borne and ground-based radar sensors to observe processes in the cryosphere.

[Read more →](#)

We develop techniques to monitor and estimate various environmental parameters using radar remote sensing data. Examples of such environmental parameters include forest/vegetation height, crop growth stage, soil moisture, ground deformation, flow velocity of glaciers, and snow structure.

[Read more →](#)



Programme du colloque

Programm Kolloquium

- | | |
|--|--|
| 1. Introduction
<i>S. Condamin, swisstopo</i> | 1. Einleitung
<i>S. Condamin, swisstopo</i> |
| 2. Développements innovants
avec des systèmes SAR
multiparamétriques: étude de
cas «Potentiel des mouvements
de surface en Suisse »
<i>Prof. Dr. I. Hajnsek, ETH Zürich</i> | 2. Innovative Entwicklungen mit
multi-parametrischen SAR
Systemen: Fallstudie «Potential
zu Oberflächenbewegungen in
der Schweiz»
<i>Prof. Dr. I. Hajnsek, ETH Zürich</i> |
| 3. Radar - un instrument fiable et
précis pour la surveillance des
roches
<i>Dr. Ueli Gruner,
Kellerhals + Haefeli AG</i> | 3. Radar - ein zuverlässiges und
genaues Instrument für Fels-
überwachungen
<i>Dr. Ueli Gruner,
Kellerhals + Haefeli AG</i> |
| 4. Perspectives
<i>S. Condamin, swisstopo</i> | 4. Ausblick
<i>S. Condamin, swisstopo</i> |
| 5. Questions / Discussion | 5. Fragen / Diskussion |

^{meist} Radar - ein zuverlässiges und genaues Instrument für Felsüberwachungen

swisstopo-Kolloquium
«Radarinterferometrie»

27. April 2018

Ueli Gruner
Dr. phil. nat., Geologe

KELLERHALS
+ HAEFELI AG
GEOLOGEN | BERN
STANS

Übersicht

1. Messinstrumente des Geologen für die Früherkennung von Felsinstabilitäten
2. Terrestrisches Radar
 - Beispiele, Grenzen
3. Satellitenradar
 - Beispiele, Grenzen
4. Radarmessungen bei Rutschungen
5. Ausblick

1. Messinstrumente des Geologen für die Früherkennung von Felsinstabilitäten

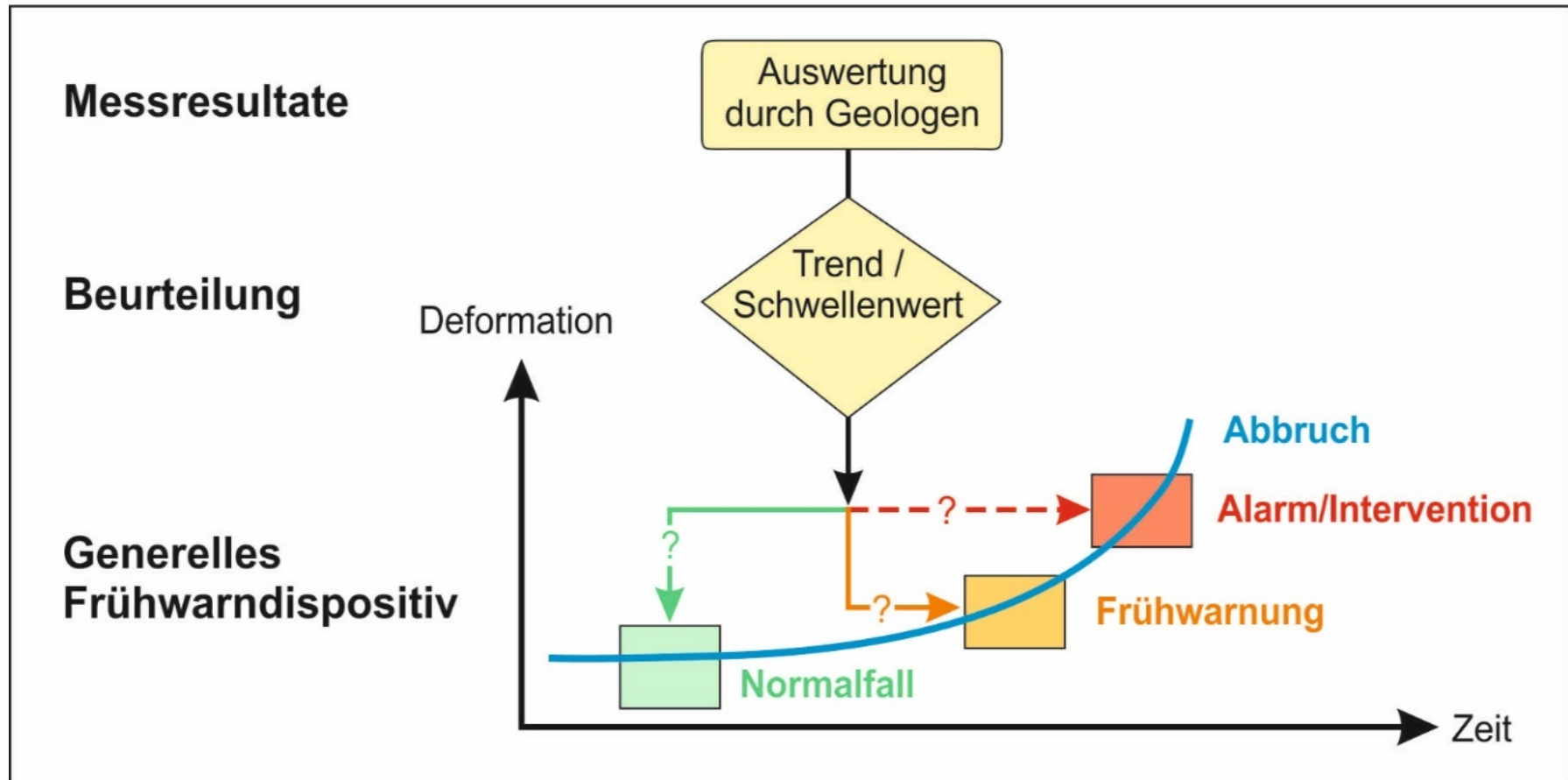


A) Instrumente für die Früherkennung

	Messgenauigkeit
• Handmessung, Siegel, Drahtmessung	0.5 bis 1 mm
• Port. Telejoint/Spaltenmessgerät u.ä.	0.01 bis 0.1 mm
• Tachymetrie (Laser-Distanzmessung)	1 bis 3 mm
• Permanente Abstandsmessung (Telejoint)	<1 mm
• Radar (terrestrisch oder Satellit)	ca. 1 mm
• Laser-Scanning (LIDAR)	2 bis 4 cm
• GPS-Messung	3 bis 5 cm
• Extenso-/Inklinometer	0.1mm/1mm auf 10m
• Zudem: Kamera/Drohnen/Geophon/Meteostation etc.	

B) Wofür braucht der Geologe die Messungen?

⇒ Erkennen eines Trends von Felsbewegungen (Destabilisierung)



2. Terrestrisches Radar (INSAR/Radarinterferometrie)

A) Eigenschaften

Beispiel *Gamma Portable Radar Interferometer (GPRI)*
der Gamma Remote Sensing

Wellenlänge:	1.74 cm
Messgenauigkeit:	0.1 bis 1 mm
Messdistanz:	20 m bis einige km
Minimal erfassbare Felsfläche (auf ca. 1 km):	ca. 6 m ²



Beispiel Simmenfluh (BE)

Terrestrisches Radar

Beispiel *Georadar*
der Geoprävent AG



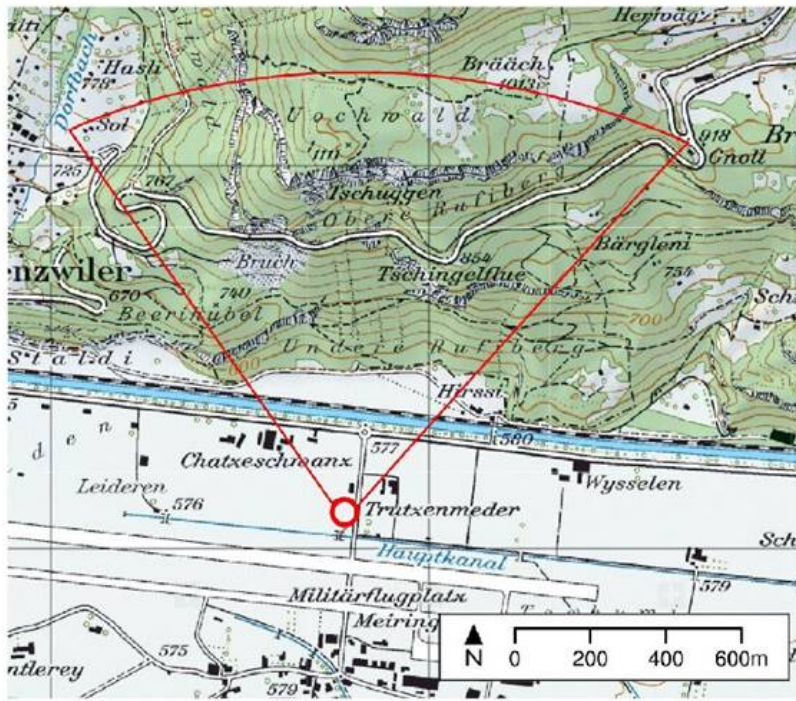
Val Bondasca (Pizzo Cengalo), GR

B) Beispiele

Beispiel Brünig, A8 (BE)

1 Radar-Überwachungsgebiet

⇒ Jährliche Messung seit 2011



Nationalstrasse A8

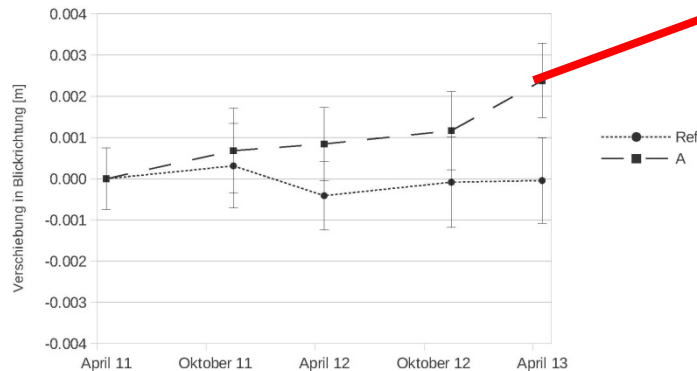


Terrestrisches Radar

Beispiel Brünig, A8 (BE)

Messergebnisse

⇒ Verschiebung von ca.
2 mm in 2 Jahren!



Terrestrisches Radar

Beispiel Brünig, A8 (BE)

Was wurde gemacht?

⇒ Begehung vor Ort:

Mehrere 100 m³ labiler Fels!

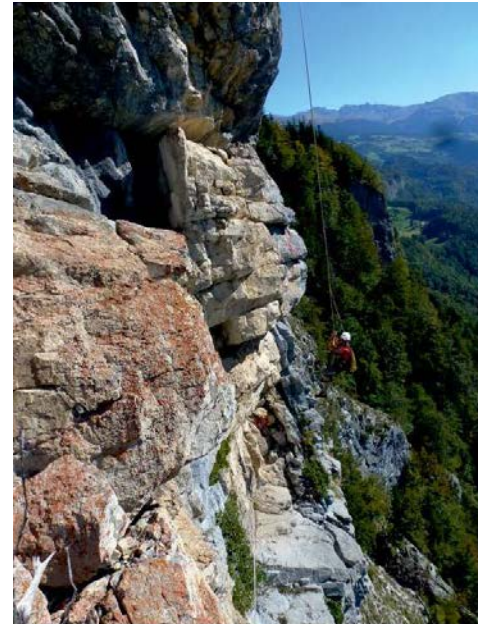


Foto 6:
Lokale Felsinstabilität
(Grössenverhältnisse !)



Terrestrisches Radar

Beispiel Brünig, A8 (BE)

Was wurde gemacht?

⇒ Zusätzliche, tachymetrische Überwachung mit 10 Reflektoren.

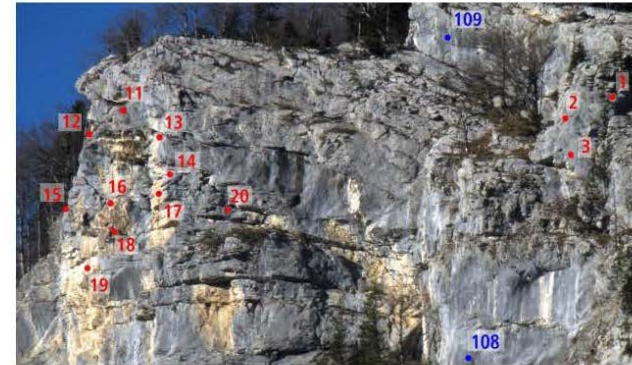
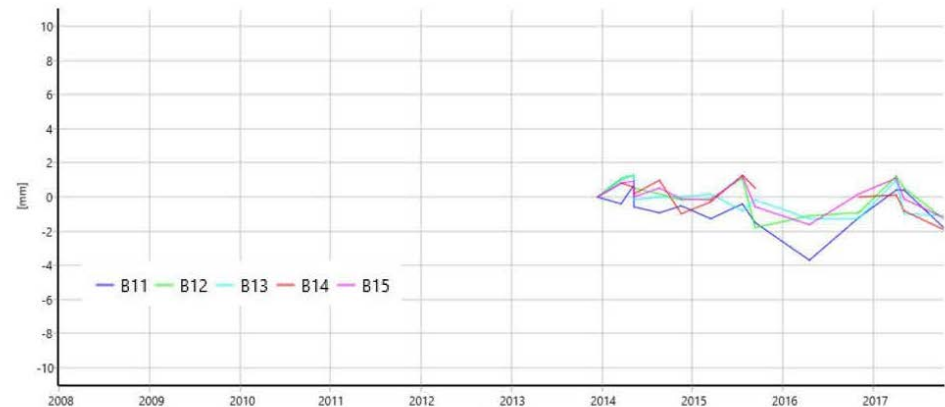


Abb 2: Ansicht Felspartie (Aufnahme vom 22.05.2008)



Terrestrisches Radar

Beispiel BLS, Frutigen - Kandersteg (BE)

3 Radar-Überwachungsgebiete:

⇒ Jährliche Messung seit 2012

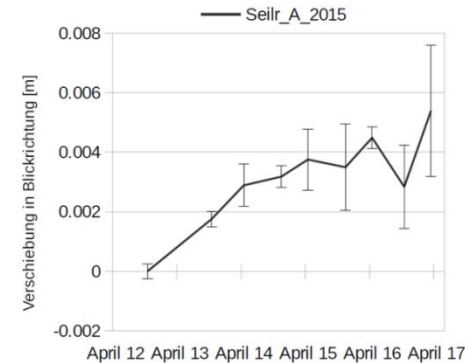
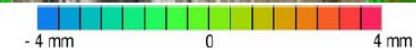


Terrestrisches Radar

Beispiel BLS, Frutigen - Kandersteg (BE)

Messergebnisse:

⇒ Verschiebung von ca.
4 mm in 5 Jahren!



Terrestrisches Radar

Beispiel BLS, Frutigen - Kandersteg (BE)

Was wurde gemacht?

⇒ Begehung vor Ort:

Rund 2'000 m³ labiler Fels!

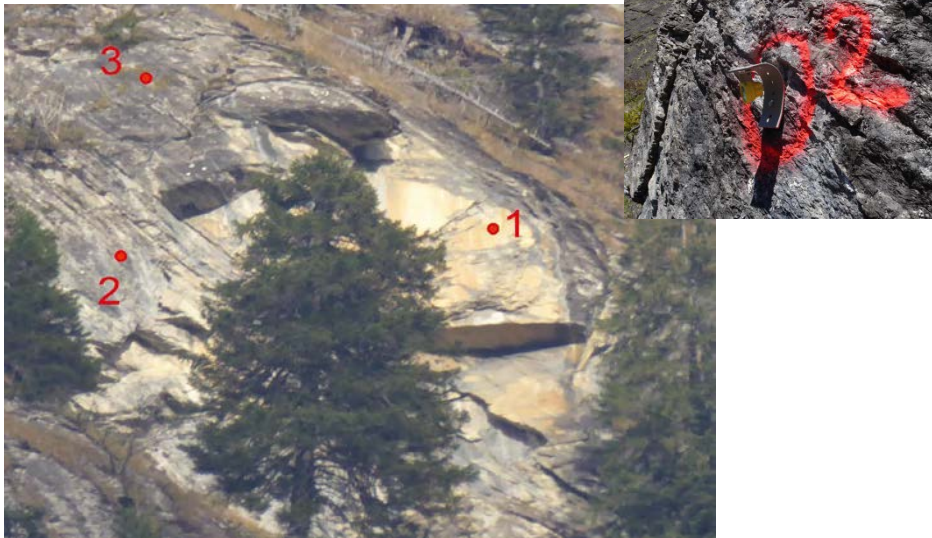


Terrestrisches Radar

Beispiel BLS, Frutigen - Kandersteg (BE)

Was wurde gemacht?

- ⇒ Zusätzliche tachymetrische Überwachung mit 3 Reflektoren.
- ⇒ Zusätzliche Überwachung mit Handmessungen.



Terrestrisches Radar

Beispiel Val Bondasca/Pizzo Cengalo (GR)

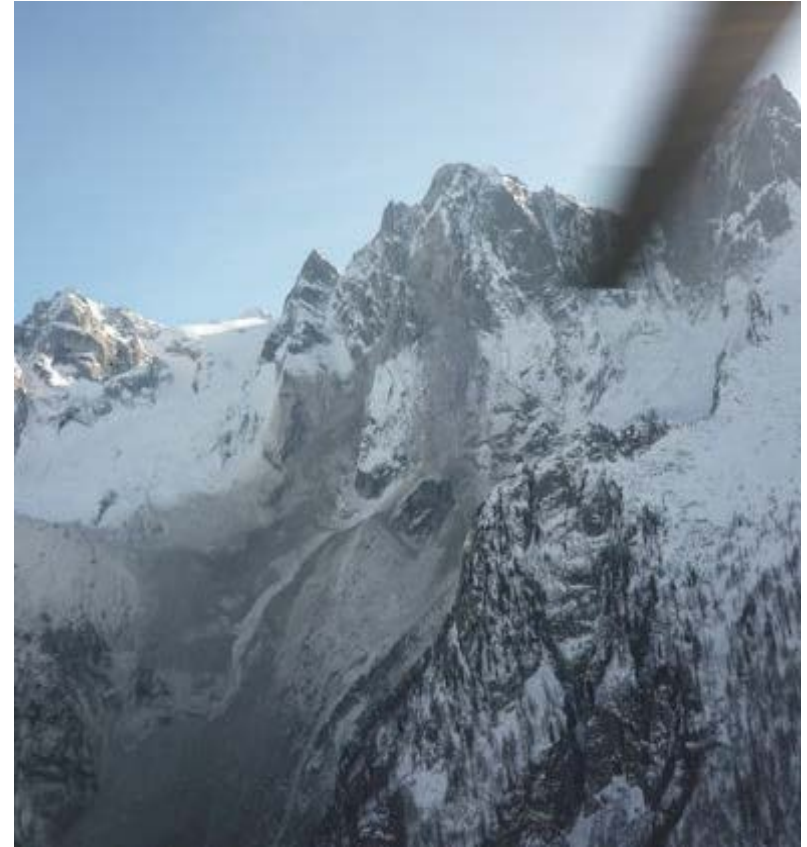


Terrestrisches Radar

Beispiel Val Bondasca/Pizzo Cengalo (GR)



Pizzo Cengalo: vor 2011



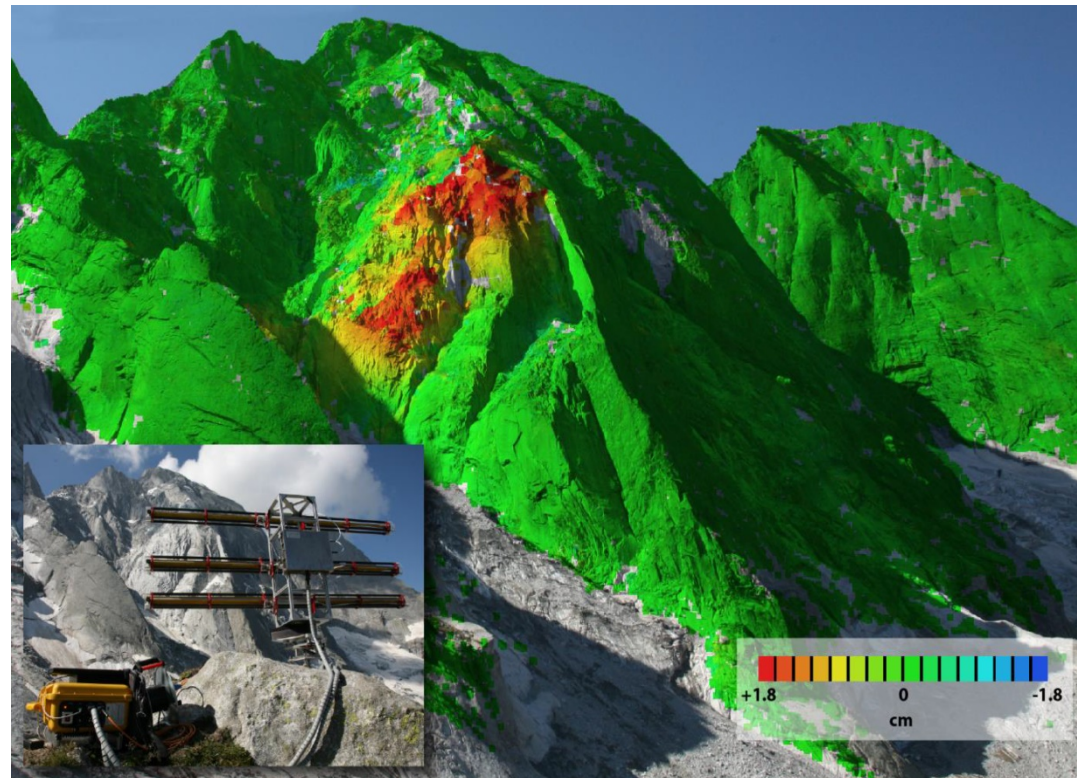
nach erstem Bergsturz vom Dezember 2011 (ca. 1.5 Mio. m³)

Terrestrisches Radar

Beispiel Val Bondasca/Pizzo Cengalo (GR)

Nach einem ersten Bergsturz vom Dezember 2011 (ca. 1.5 Mio. m³):

- ⇒ Periodische Überwachung mit terrestrischem Radar.
- ⇒ Bewegungen 2012 – 2014:
Total ca. 1.8 cm.

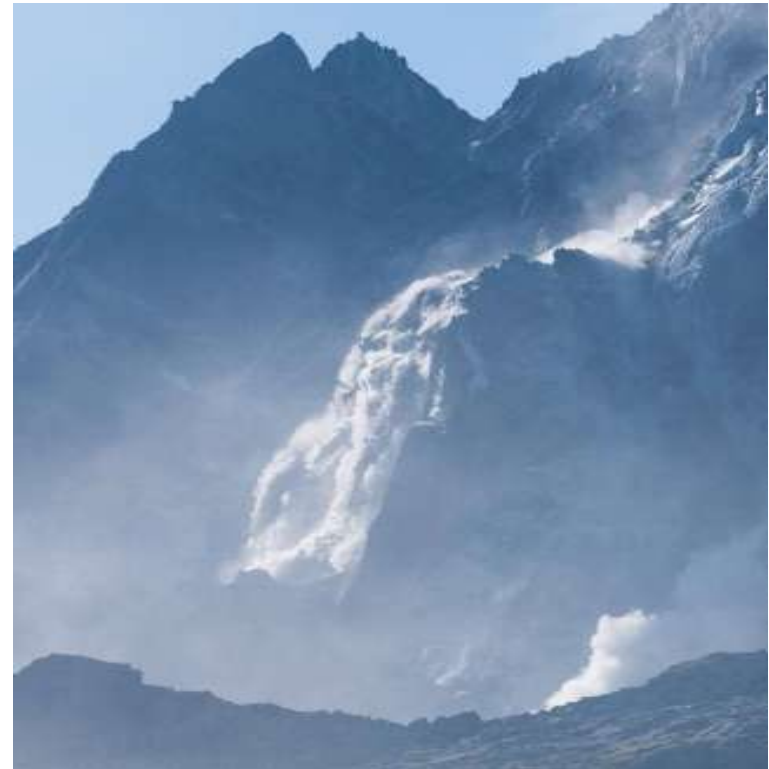


Terrestrisches Radar

Beispiel Val Bondasca/Pizzo Cengalo (GR)

Zweiter Bergsturz vom 23. August 2017:

Abbruch von ca. 3.1 Mio. m³



Terrestrisches Radar

Beispiel Val Bondasca/Pizzo Cengalo (GR)

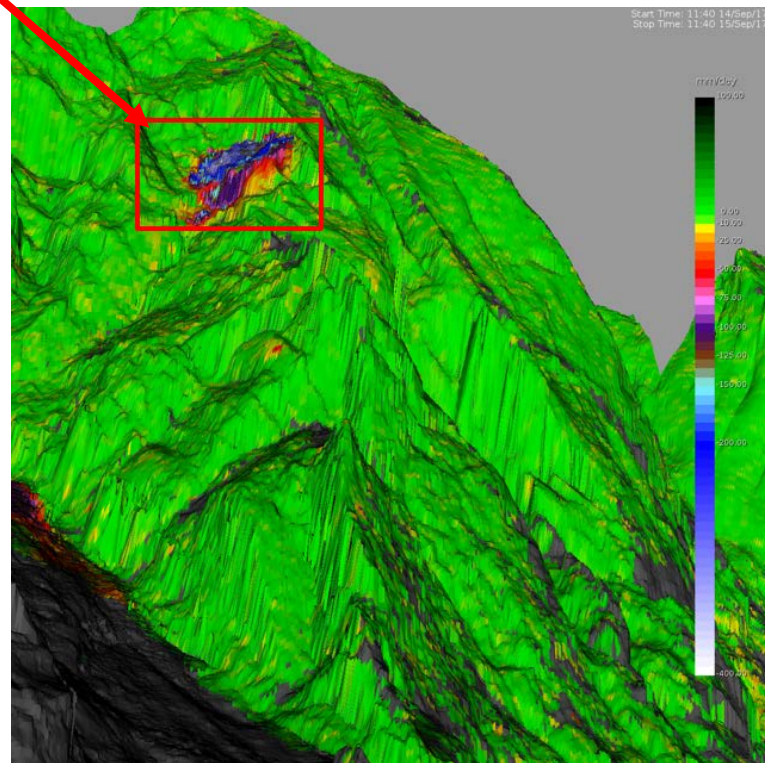
Nach Bergsturz vom 23. August 2017:

⇒ **Permanente** Überwachung mit terrestrischem Radar.



Nach Bergsturz vom 23. August 2017:

- ⇒ Radarbild vom 14. September 2017
- ⇒ Darstellung inverse Geschwindigkeit vom 12. bis 15. September mit Abbruch am 15. Sept. von ca. 0.4 Mio. m³.



Terrestrisches Radar

Beispiel Val Bondasca/Pizzo Cengalo (GR)

Situation
Spätherbst 2017



© 2017 - Andrea Badrutt, Chur

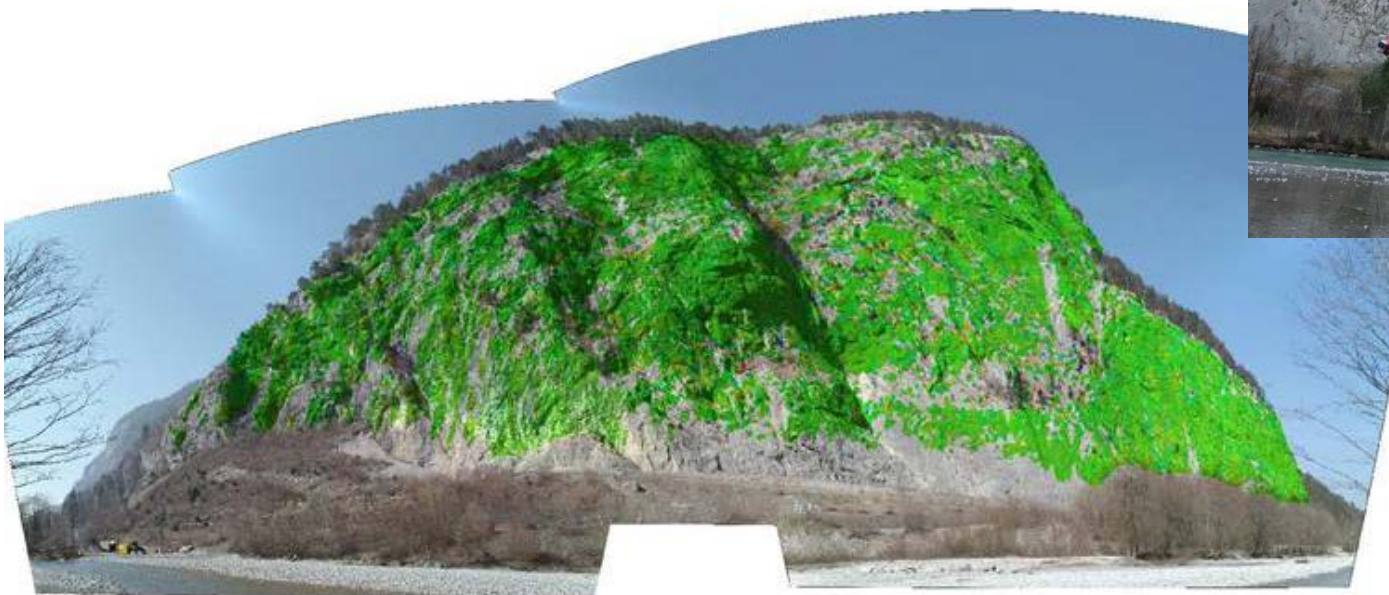
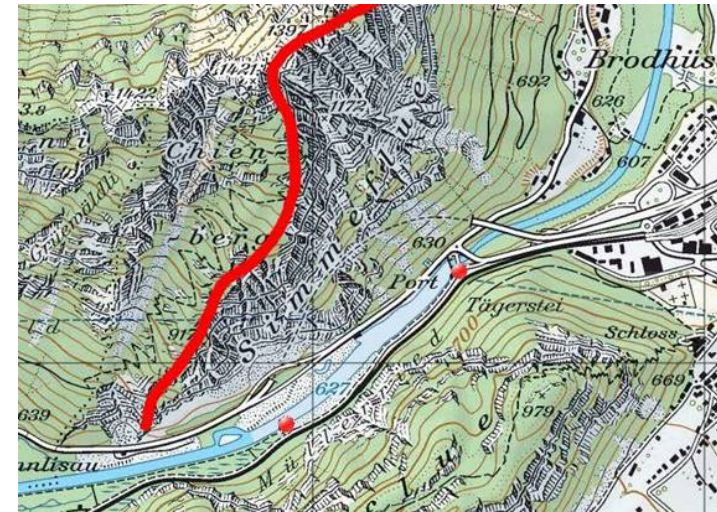
Terrestrisches Radar

Beispiel Simmenfluh, A6 (BE)

1 Radar-Überwachungsgebiet mit zwei Messstandorten:

(700 m hohe und 1200 m breite Felswand!)

⇒ Seit 2011 jährlich 1 bis 2 Messungen

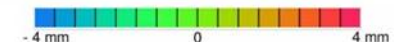
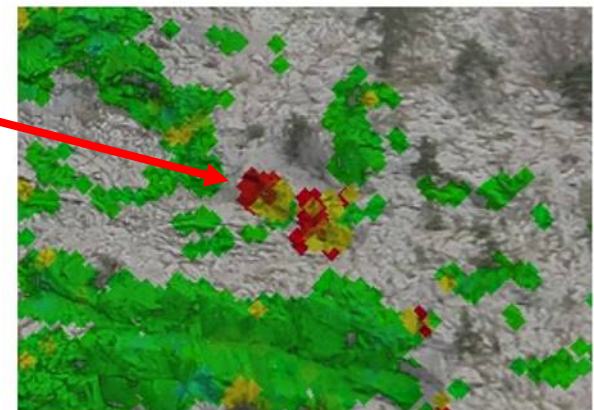
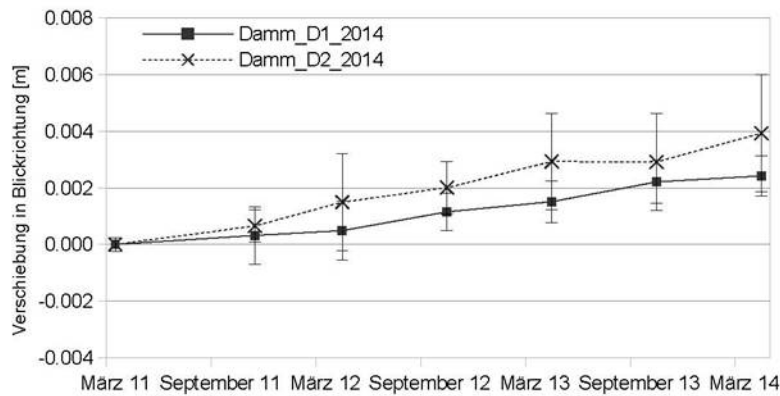


Terrestrisches Radar

Beispiel Simmenfluh, A6 (BE)

Messergebnisse:

⇒ Verschiebung von ca.
4 mm in 3 Jahren!



Terrestrisches Radar

Beispiel Simmenfluh, A6 (BE)

Was wurde gemacht?

⇒ Begehung vor Ort:

Rund 200 m³ labiler Fels!



Terrestrisches Radar

Beispiel Simmenfluh, A6 (BE)

Was wurde gemacht?

⇒ Zusätzliche Überwachung mit Handmessungen.

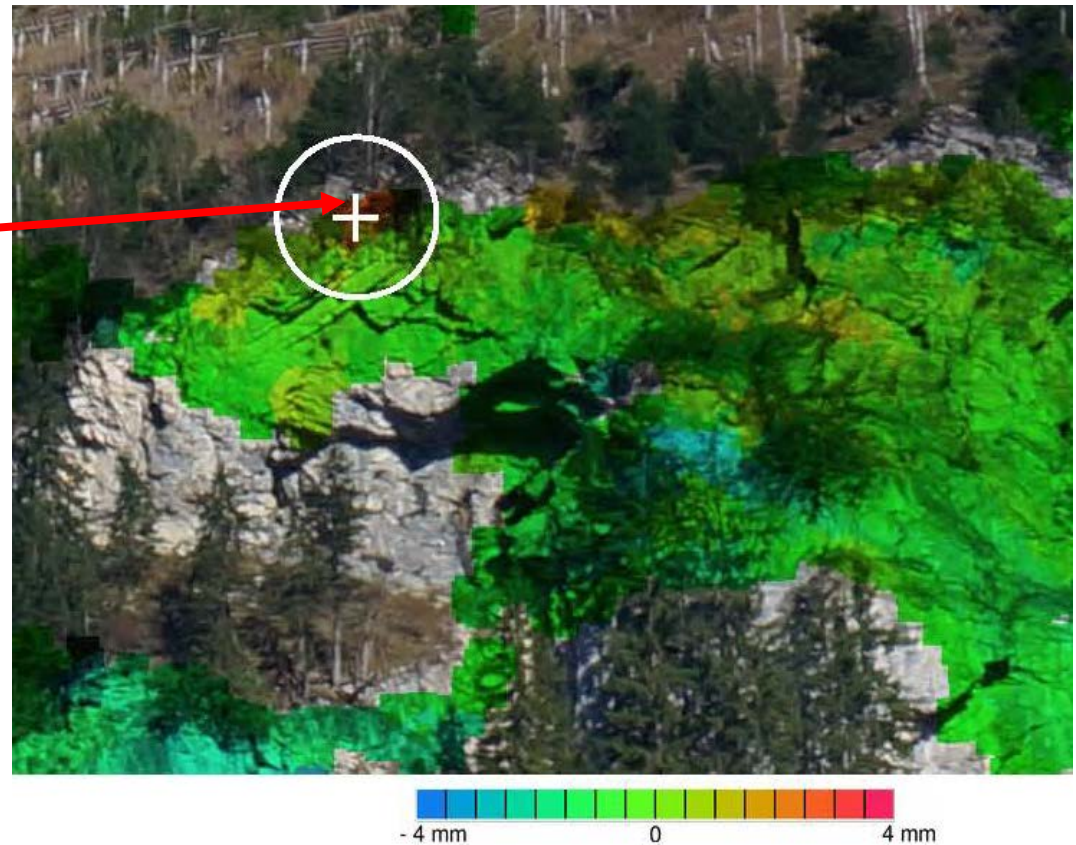


B) Grenzen

Grenzen - am Beispiel BLS, Frutigen – Kandersteg (BE)

Messergebnisse:

⇒ Verschiebung von ca.
4 mm in 4 Jahren!

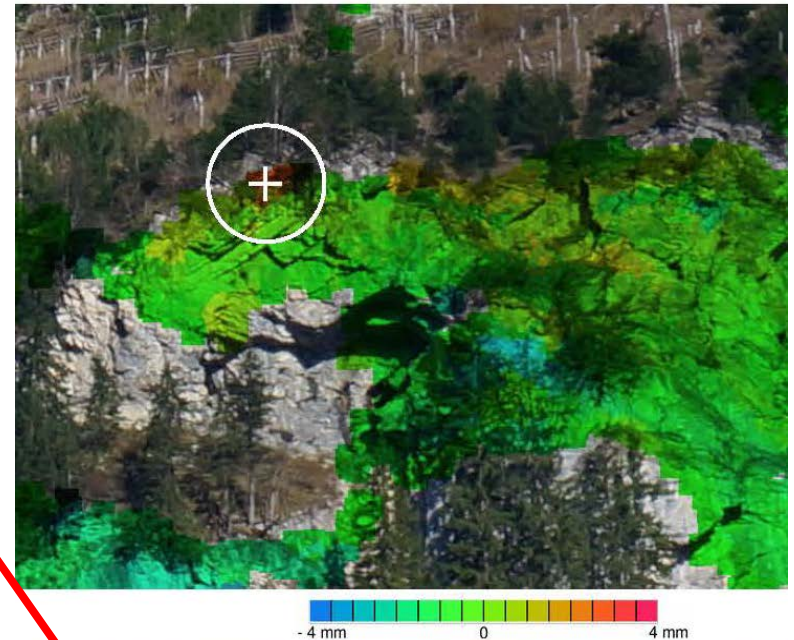


Terrestrisches Radar

Grenzen – am Beispiel BLS, Frutigen - Kandersteg (BE)

Was wurde gemacht?

- ⇒ Detailauswertung.
- ⇒ Vegetation, keine Felsbewegung!

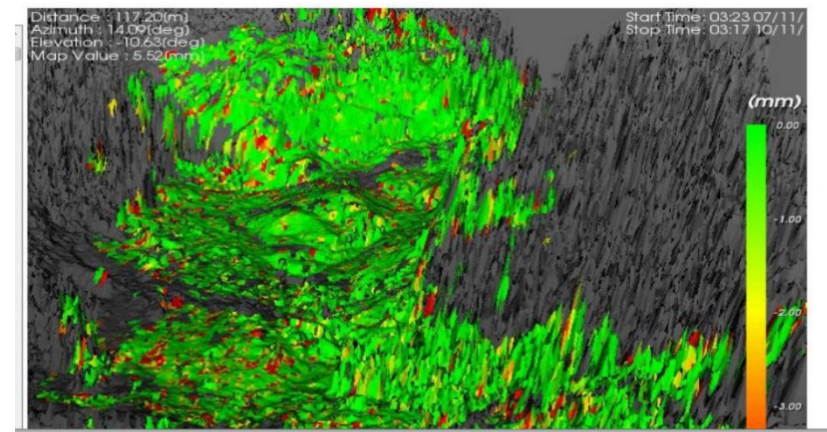
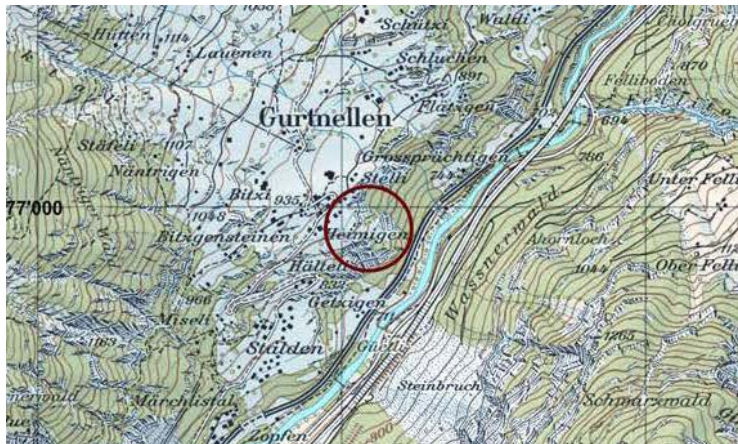


Terrestrisches Radar

Grenzen – am Beispiel Gurntellen, SBB (UR)

Ausgangslage:

Permanente Überwachung der gesamten Felswand nach zwei Felsstürzen im Jahr 2012.

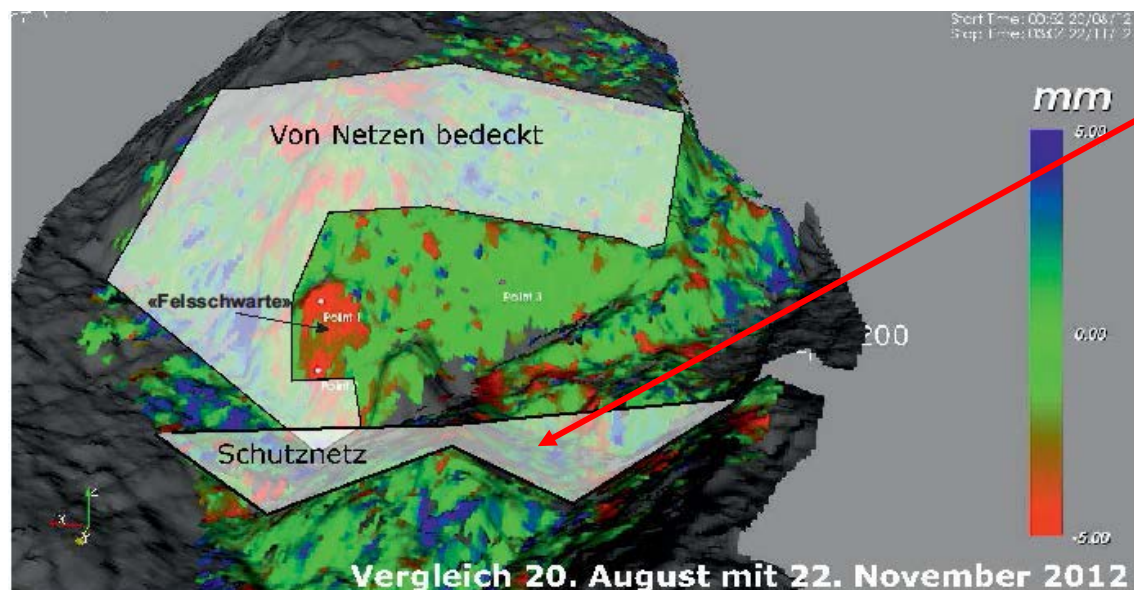


Grenzen – am Beispiel Gurtellen, SBB (UR)

Grenzen des Radars:

Teilgebiete der Felswand werden vom Radar wegen eines provisorischen Schutznetzes nicht erfasst (Reflektion der Radarwellen)!

Provisorisches Schutznetz



Grenzen – am Beispiel Gurtellen, SBB (UR)

Was ist passiert?

⇒ Ein hinter dem provisorischen Schutznetz «versteckter» Block von 90 m³ stürzt am 14. November 2012 auf Geleise!

Dies trotz aufwändiger, permanenter Überwachung!

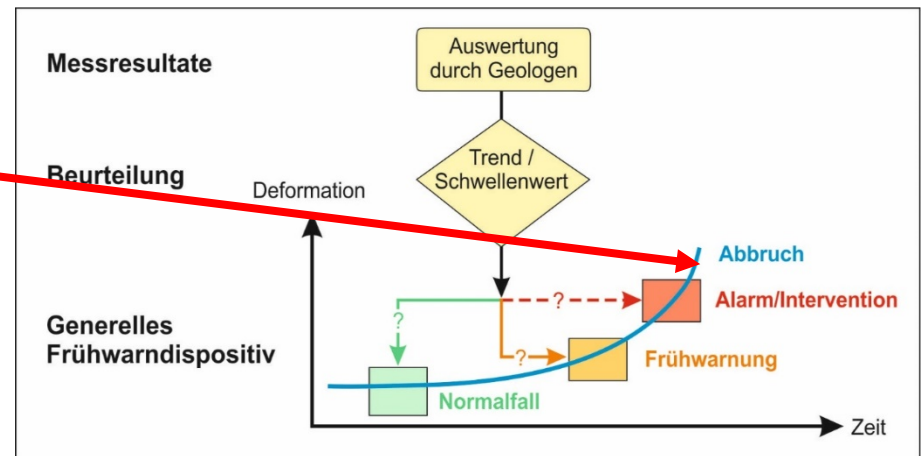
⇒ Das war jedoch nicht allen Beteiligten bekannt!!



C) Fazit terrestrisches Radar

- Für Geologen ein sehr effizientes Werkzeug für die Erkennung von möglichen Felsinstabilitäten (Scan einer gesamten Felswand!).

- Erkennung von Tendenzen einer grösseren Felsbewegung.



- Genauigkeit ist weitaus genügend!
- Wichtig zu wissen: Instabile Felspartien können temperaturbedingte Deformationsschwankungen von bis zu 1 mm/Tag bzw. 4 mm/Jahr haben!

C) Fazit terrestrisches Radar

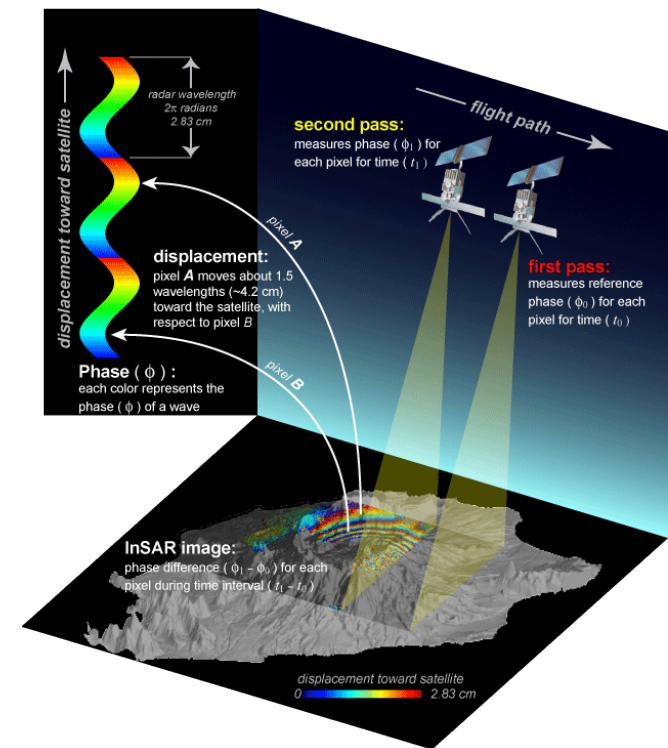
- Terrestrisches Radar ist «nur» geeignet für grössere potenziell instabile Felspakete von meist >10 bis 20 m^3 .
- Relativ teure Messmethode (ca. Fr. 3'000.- bis Fr. 8'000 .- pro Messung).
- Wenn die Bewegungen zwischen zwei Messungen zu gross sind ($> \text{ca. } 2 \text{ cm}$ [=> Wellenlänge!]), sind Deformationen im Fels nicht mehr klar erkennbar.
- Terrestrisches Radar kann auch permanent eingesetzt werden (Schadenpotential; vgl. SBB-Gotthardlinie).
- Achtung: Vegetation kann evtl. zu einem «Fake» führen!

3. Satellitenradar (INSAR/Radar-Interferometrie)

A) Eigenschaften

Frühere Satelliten:

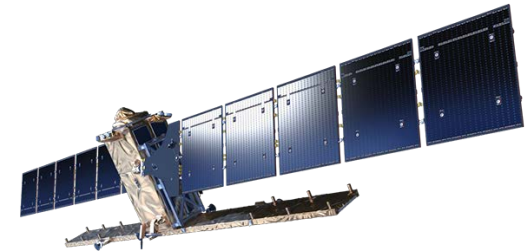
- ERS 1 und 2: 1992 - 2000
- ENVISAT ASAR: 2003 - 2010
- Historische Bewegungsraten!
- Räumliche Auflösung: ca. 20 m
- Wellenlänge: 5.6 cm
- Genauigkeit: ca. 1 mm/Jahr!
- Achtung: Flug ca. N bzw. ca. S
- Flug alle 35 Tage
- Höhe der Satelliten: ca. 600 – 800 km



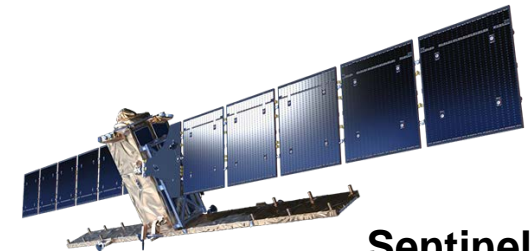
Eigenschaften

Neue Satelliten:

- Radarsat-2 (CAN): 2011 bis 2017 (teuer!)
 - Sentinel-1 (ESA): ab 2014 (BAFU; gratis)
- Räumliche Auflösung: ca. 20 m
 - Wellenlänge: 5.6 cm
 - Genauigkeit: ca. 1 mm/Jahr!
 - Flug ca. N bzw. ca. S
 - Aufnahmebreite: 250 km
 - Flug alle 12 (Radarsat) bzw. 6 Tage (Sent.)
=> robustere Daten!
 - Höhe der Satelliten: ca. 600 – 800 km



Sentinel-1A



Sentinel-1B

Unterlagen:
GAMMA REMOTE SENSING



Das Problem mit der Abdeckung (Sentinel-1)

Anzahl S1 Aufnahmen über der Schweiz

Ascending



Descending



**Ascending &
Descending**



Sichtbarkeitsgrad (Layover und Schatten sind Schwarz dargestellt)

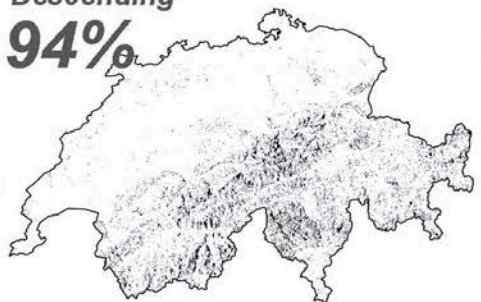
Ascending

92%



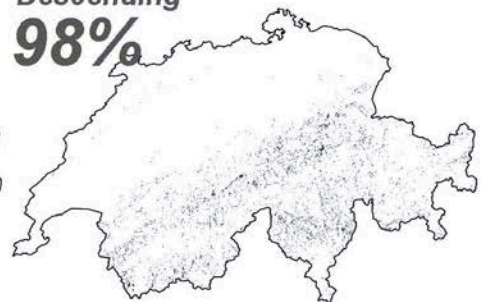
Descending

94%



**Ascending &
Descending**

98%



B) Beispiele

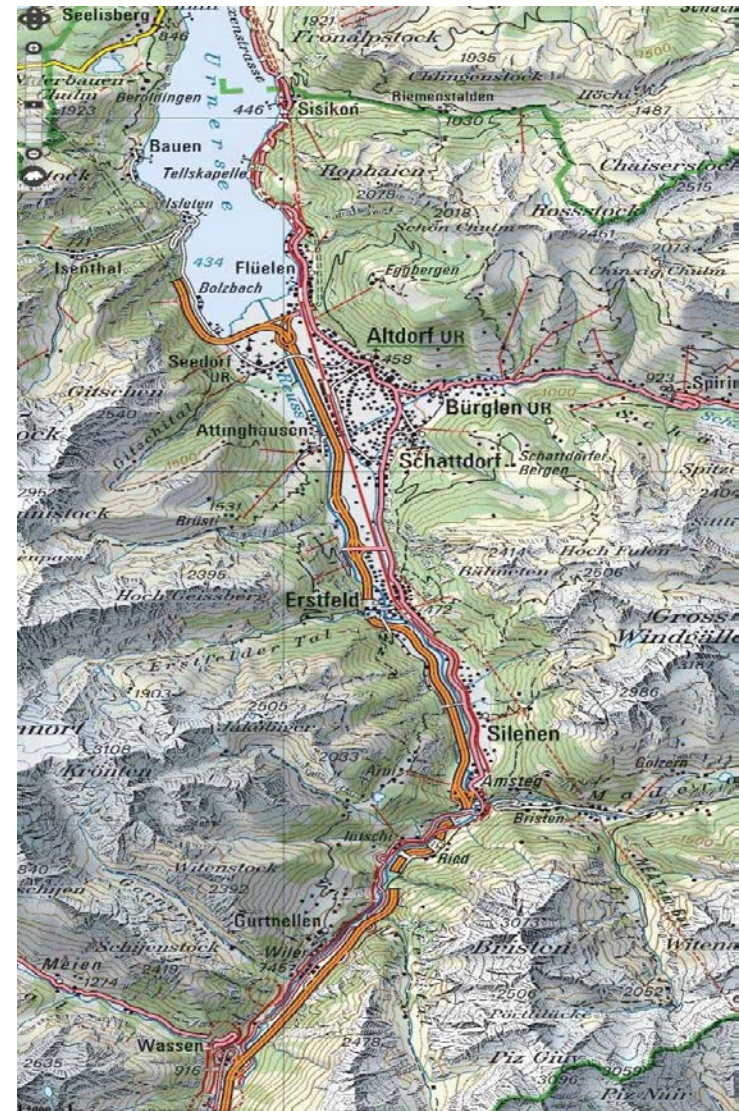
Beispiel Reusstal (UR)

Fragestellungen:

- Gibt es relevante, grosse Felsbewegungen an den rechtsgelegenen hohen Talflanken (=> Chli Windgällen)?
=> Descending orbit!
- Wie gross waren die Bewegungen von 1992 bis 2010?

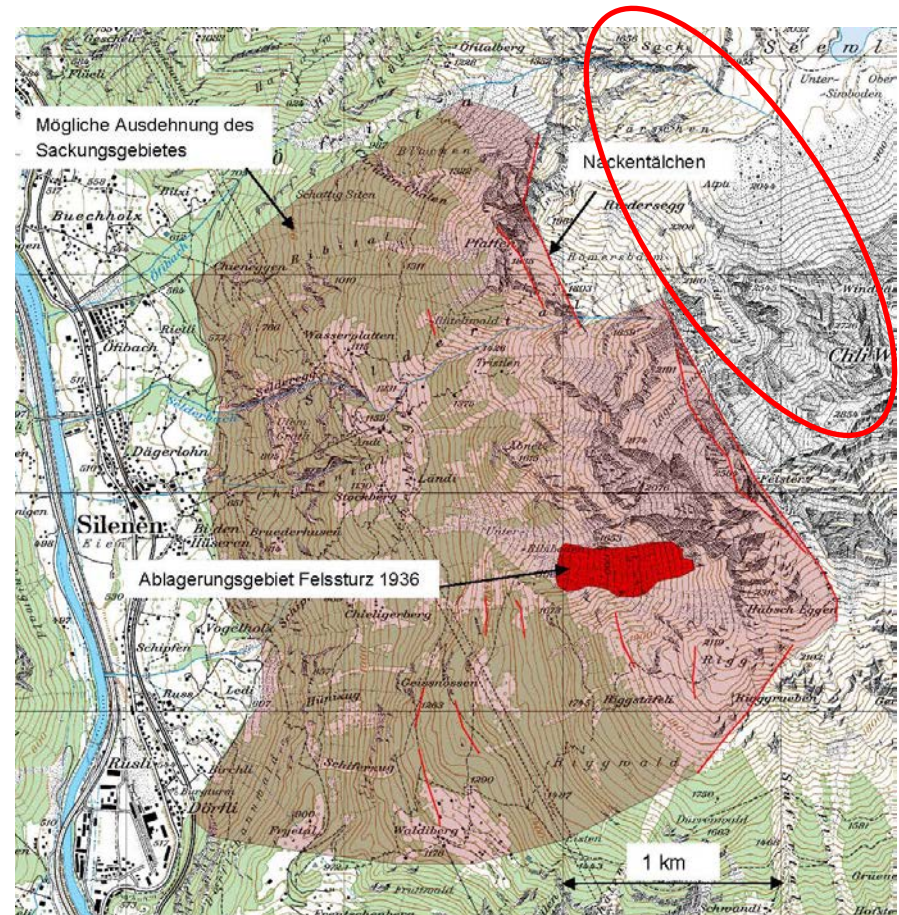
Schadenpotenzial:

- SBB
- Strassen/Autobahn



Problemstelle Chli Windgälle (UR)

- Riesiges Sackungsgebiet
- Felssturz 1936 von ca. 500'000 m³



Satellitenradar

Beispiel Reusstal (UR)

Problemstelle Chli Windgälle (UR)

Alter Felssturz
(0.5 Mio. m³)



Satellitenradar

Beispiel Reusstal (UR)

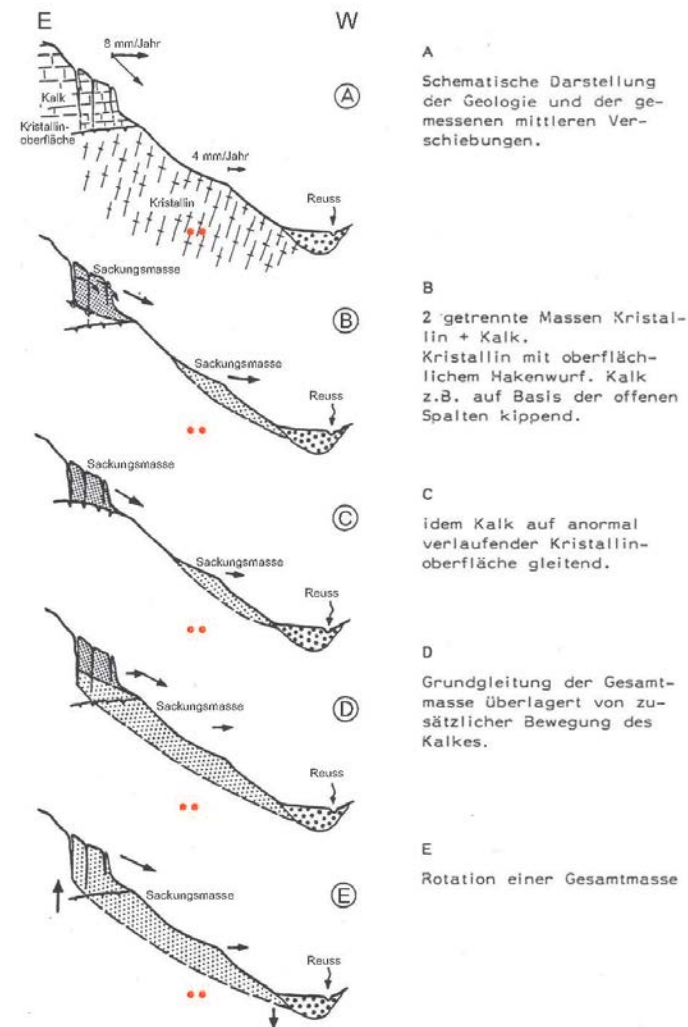
Problemstelle Chli Windgälle (UR)

Nackental!



Problemstelle Chli Windgälle (UR)

- Querprofile mit verschiedenen denkbaren Bewegungsmechanismen.
- Verschiebungen 1933 – 1984 (gemessen an Felspartie oben): 8 mm/Jahr.

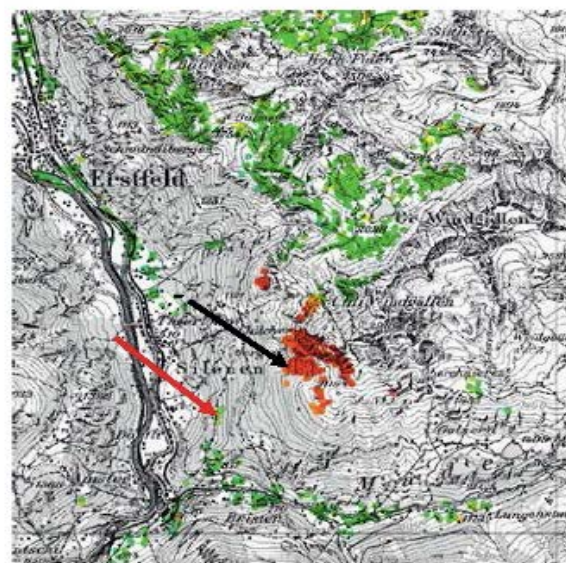


Problemstelle Chli Windgälle (UR)

=> Descending orbit!

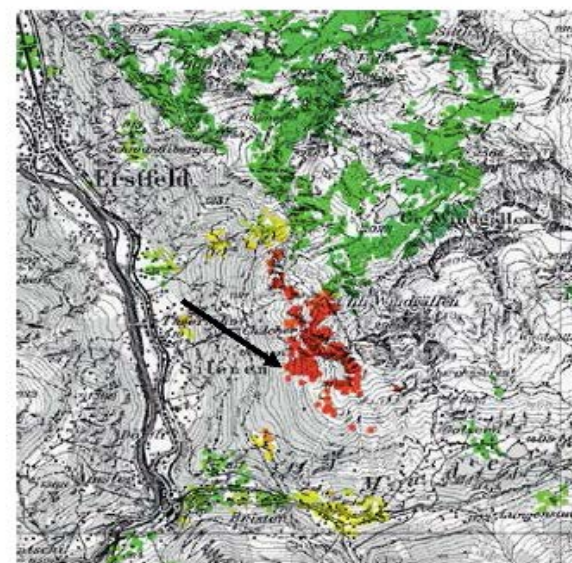
Darstellung der
Bewegungen.

(Schwarze Pfeile: Zeitreihen!)



Verschiebungsrate in mm/Jahr

1992 bis 2000 (ERS)



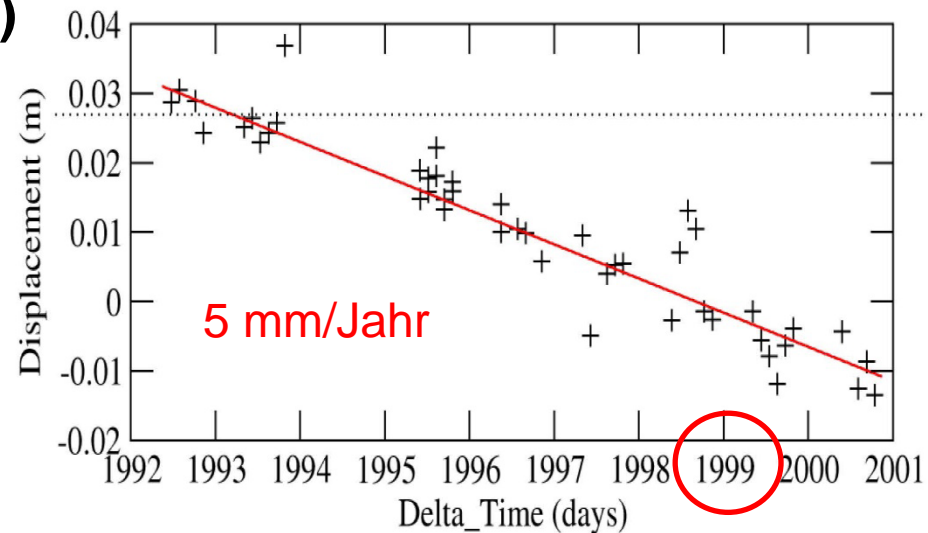
Verschiebungsrate in mm/Jahr

2003 bis 2010 (ENVISAT)

Problemstelle Chli Windgälle (UR)

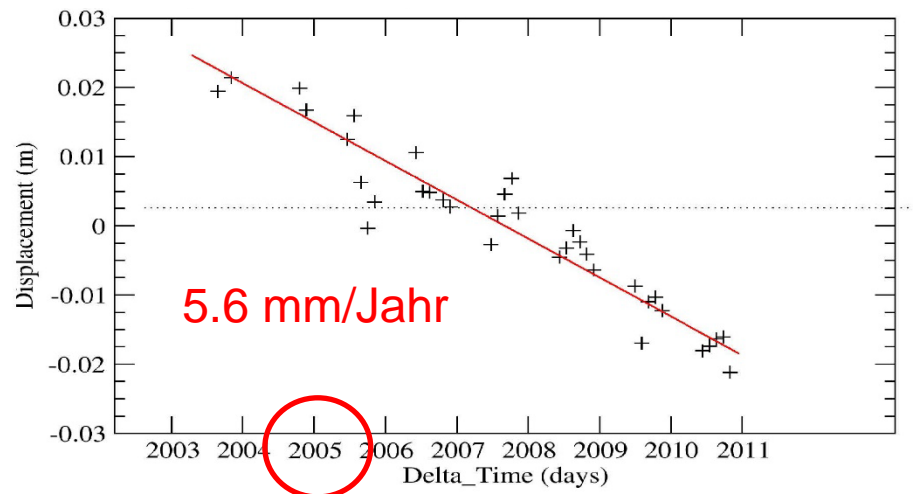
Zeitreihe 1992 bis 2000:

Mittlere Verschiebung
ca. 5 mm/Jahr



Zeitreihe 2003 bis 2010:

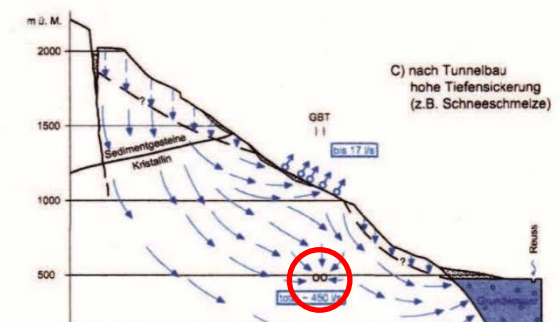
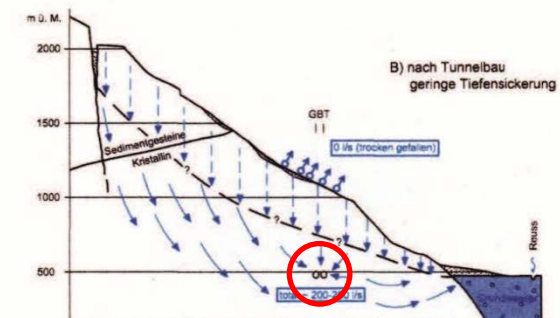
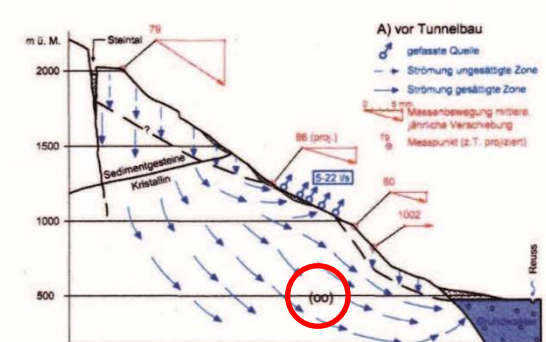
Mittlere Verschiebung
ca. 5.6 mm/Jahr



Problemstelle Chli Windgälle (UR)

Ergebnisse gemäss Satellitenradar:

- Geschwindigkeiten ca. wie früher.
- «Lawinenwinter» und Starkregen 1999: Keine Einflüsse auf Geschwindigkeit der Bewegungen.
- Intensiver Niederschlag 2005: Kein relevanter Einfluss auf Geschwindigkeit der Bewegungen.
- Einfluss Drainage Gotthardtunnel (Fertigstellung 2009): Bis 2010 noch keine Veränderungen bei den Bewegungen erkennbar.



Beispiel Leventina (TI)

Fragestellungen:

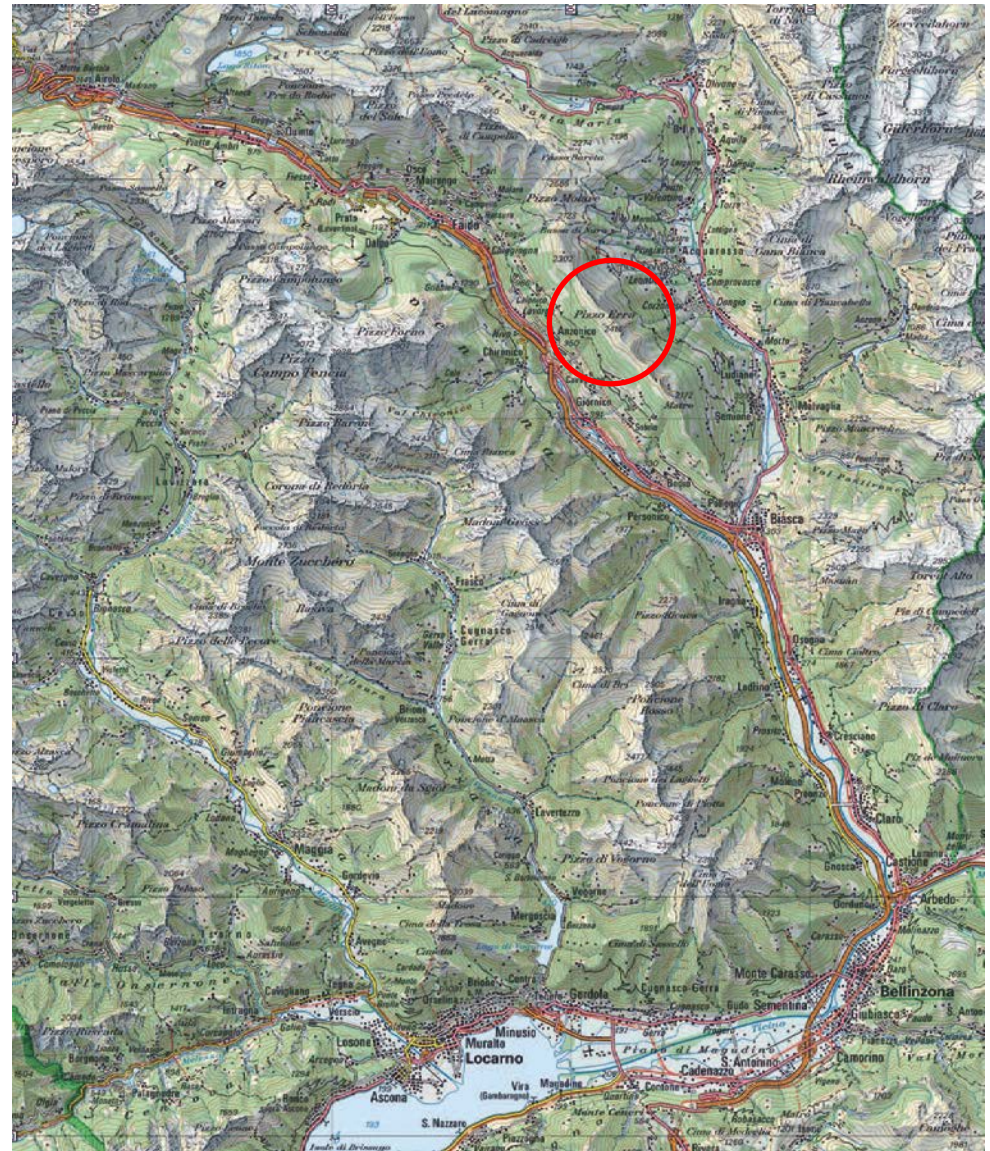
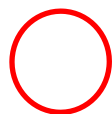
- Analog wie bei Reusstal (1992 – 2010).

⇒ Descending und ascending orbit!

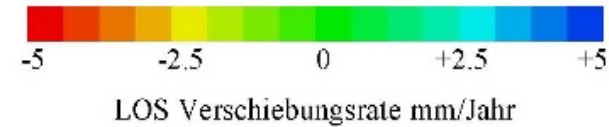
Schadenpotenzial:

- SBB
- Strassen/Autobahn

Beispiel Pizzo Erra



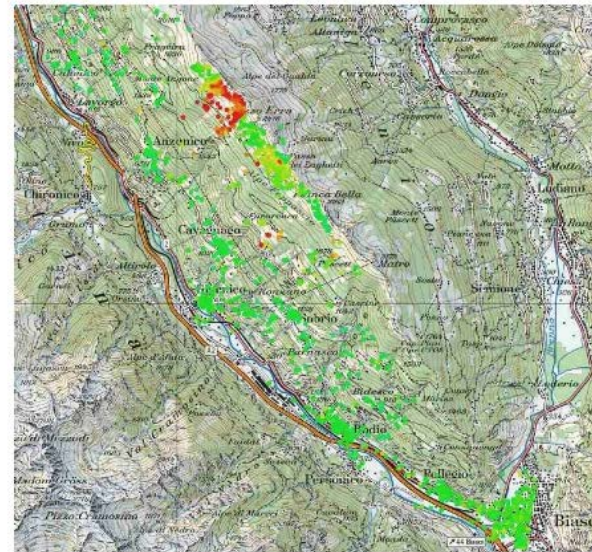
Beispiel Leventina (TI)



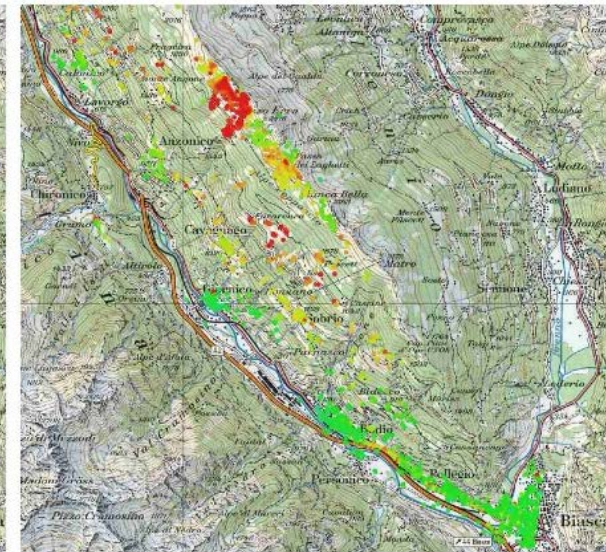
Pizzo Erra:

- Relativ grosse Geschwindigkeiten!
- Felssackung!
- Morphologie: flach!

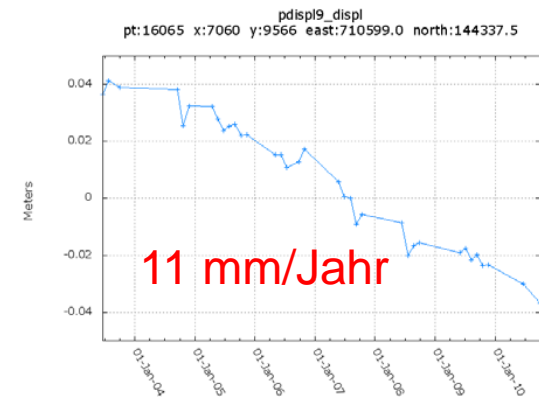
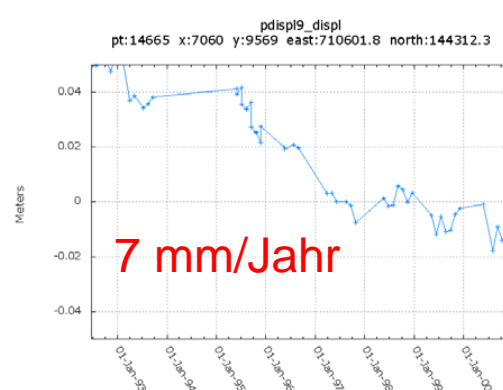
⇒ Gefährdung marginal.



ERS-1/2 1992-2000



ENVISAT ASAR Daten 2003-2010



C) Fazit Satellitenradar

Vorteile:

- «Endlich» ein Messverfahren, mit dem Geologen auch Vergangenes messen können!
- Überwachung von grossen Gebieten möglich, ohne ins Gelände zu gehen (Zugänglichkeit!).
- Sehr hohe Messgenauigkeit (1 mm/Jahr aus einer Höhe von 600 bis 800 km!)
- Möglichkeit, aus einzelnen Punkten auch Zeitreihen zu erstellen (Erkennen der Witterungseinflüsse bzw. einer Tendenz einer Bewegung).

C) Fazit Satellitenradar

Nachteile:

- Bei Schnee und grosser Vegetation: Messungen nicht sinnvoll: => keine signifikanten Messresultate.
- Es gibt «schwarze Löcher» (keine Abdeckung!).
- Felswände bzw. sehr steile Hänge werden ebenfalls nicht erfasst.
- Kosten relativ hoch!
- Radarsat-2 und Sentinel-1: Bedeutend robustere Daten mit viel mehr Flügen.

Satellitenradar vs. Terrestrisches Radar

Beispiel Chli Windgälle (UR)

Kosten einer Überwachung von instabilen Felspartien:

- Grosse Triangulation: Kosten p. Messung: ca. Fr. 150'000 (alle 10 J.)
- Kleine Triangulation: Kosten p. Messung: ca. 17'000 (alle 5 Jahre)
- Satellitenradar: Kosten p. Auswertung: ca. Fr. 25'000 (alle 5 J.)
- Kosten GPS: Kosten p. Messung: ca. Fr. 50'000.-

Frage:

Was kann der günstigere terrestrische Radar von der gegenüberliegen Talseite aus ?? (Kosten p. Messung: ca. Fr. 5'- 8'000.-)

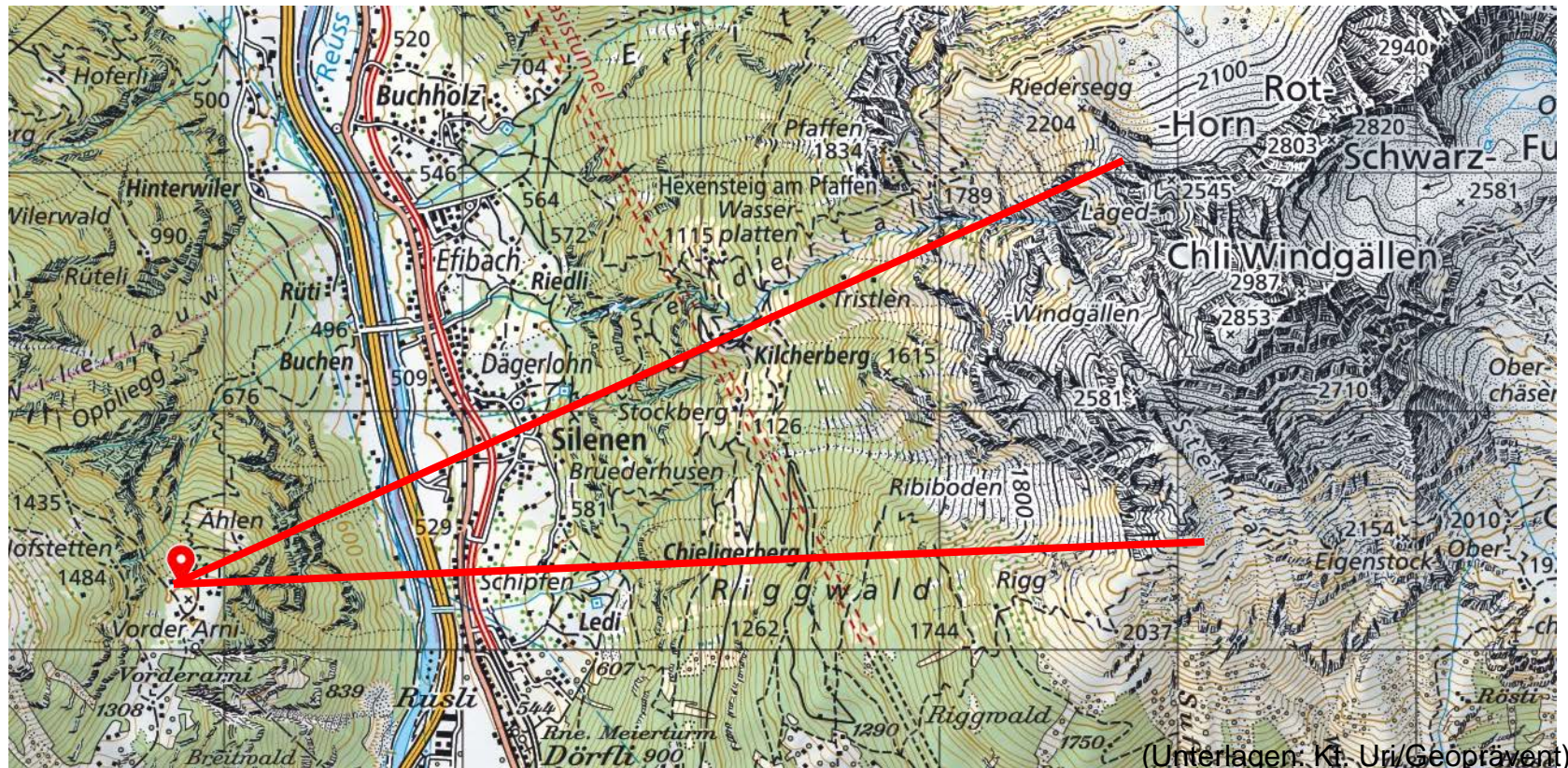
⇒ Versuch 2017/2018 mit Georadar (Geoprävent)

Satellitenradar vs. Terrestrisches Radar

Beispiel Chli Windgälle (UR)

Terrestrisches Radar:

Distanz zum Zielgebiet: 3 – 5 km

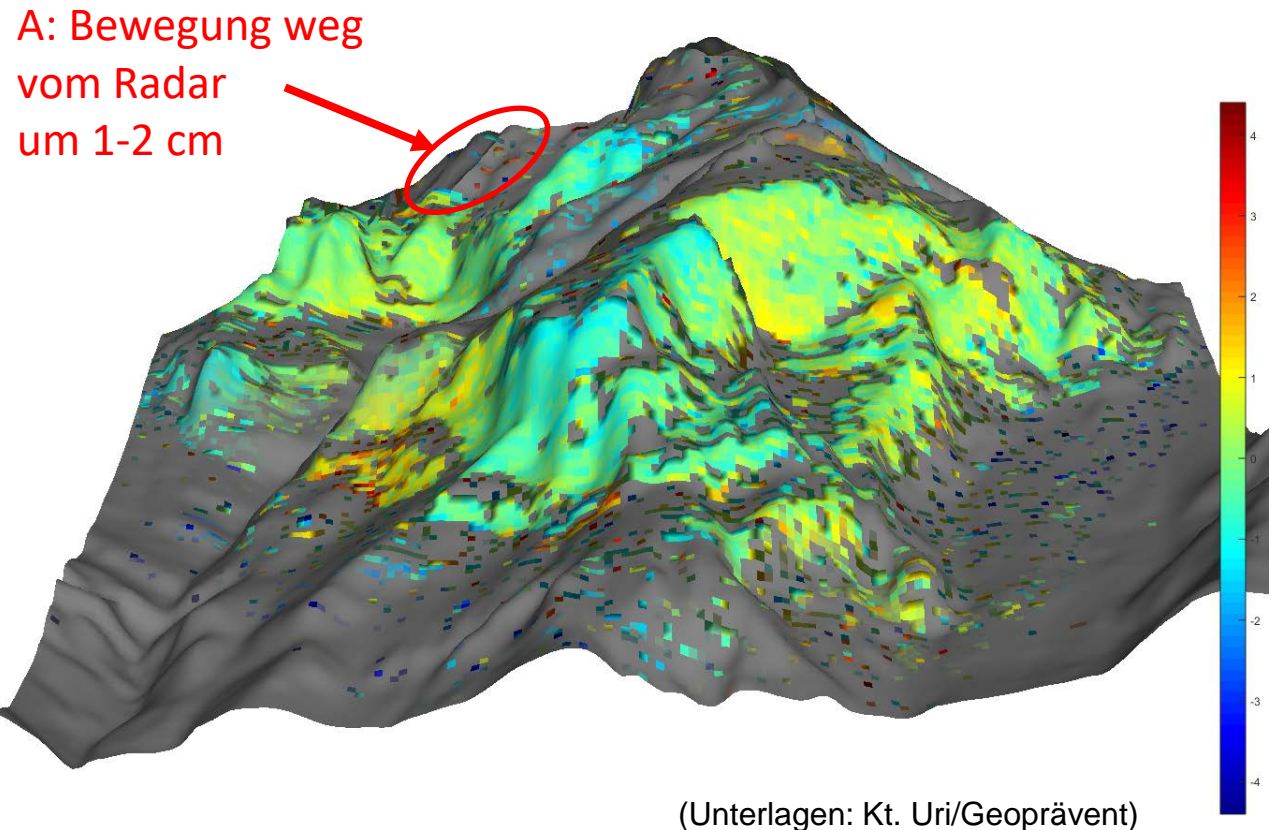


(Unterlagen: Kt. Uri/Geoprävent)

Satellitenradar vs. Terrestrisches Radar

Beispiel Chli Windgälle (UR)

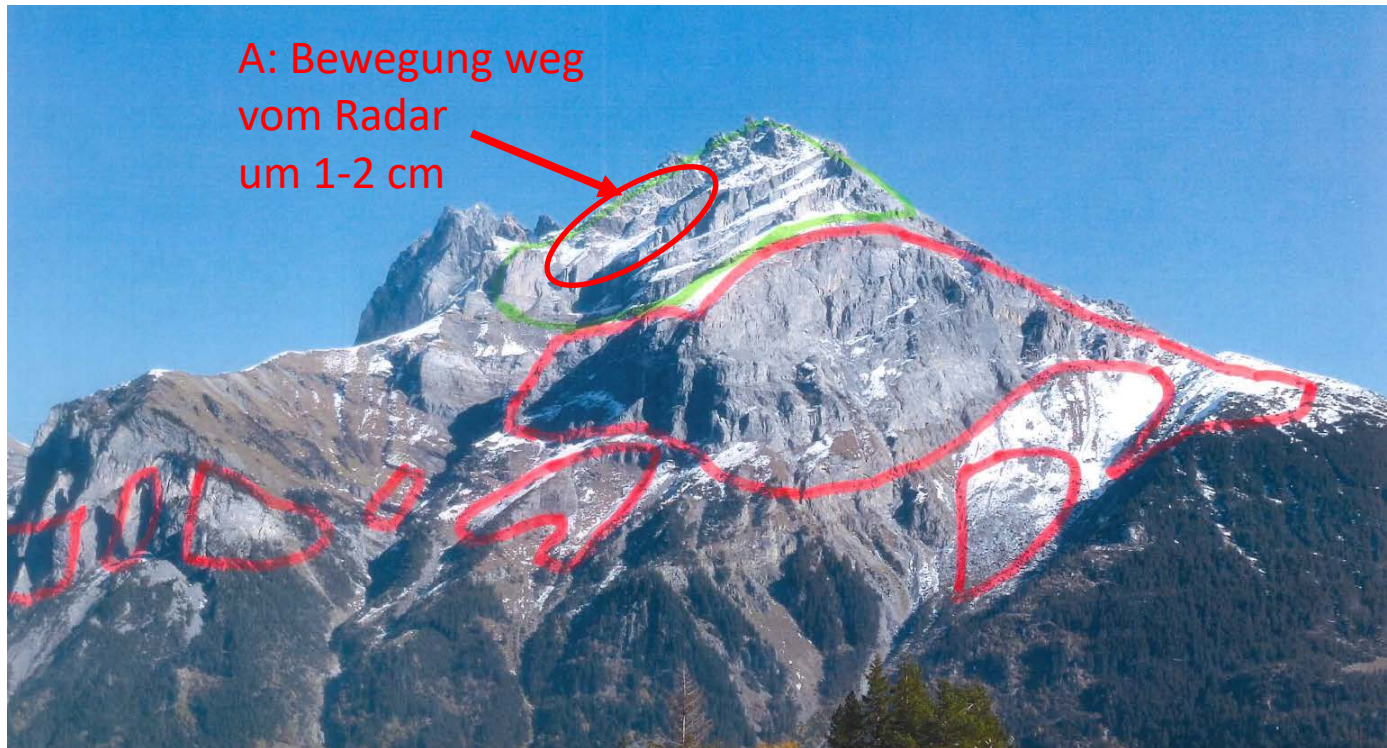
Messung terrestrisches Radar:



Satellitenradar vs. Terrestrisches Radar

Beispiel Chli Windgälle (UR)

Messung terrestrisches Radar:



(Unterlagen: Kt. Uri/Geoprävent)

Beispiel Chli Windgälle (UR)

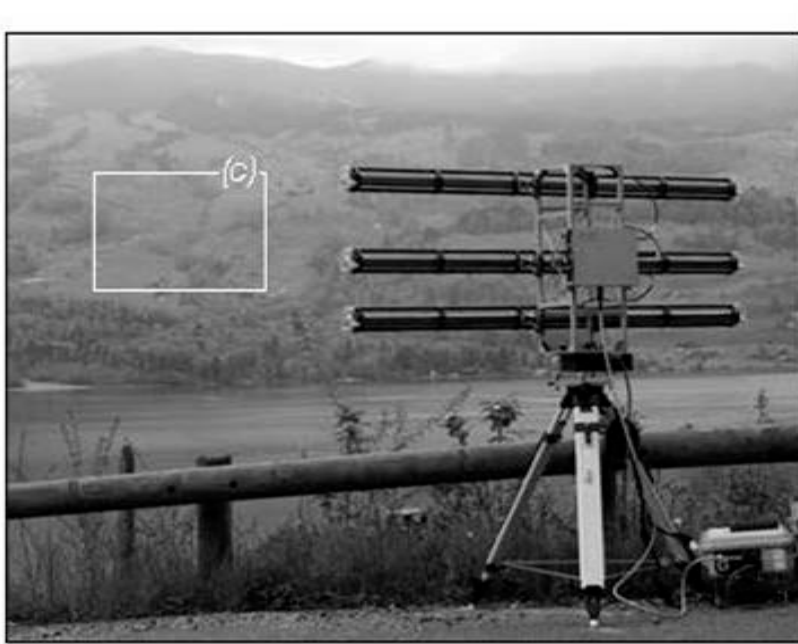
Fazit Satellitenradar – vs. Terrestrisches Radar:

- Bei grösseren Distanzen: Grosse atmosphärische Einflüsse!
- Keine Korrektur der atmosphärischen Einflüsse möglich, wenn wie beim Chli Windgälle (fast) keine stabilen Gebiete vorhanden sind.
- Eine Unterscheidung zwischen Atmosphäreneinfluss und instabilem Gelände ist sehr schwierig!
- Gemäss terrestrischem Radar ist in den Felswänden der Chli Windgälle ein Bereich «instabil» (= weg vom Messgerät), was im Satellitenradar nicht erkennbar ist!

4. Radarmessungen bei Rutschungen

A) Terrestrisches Radar

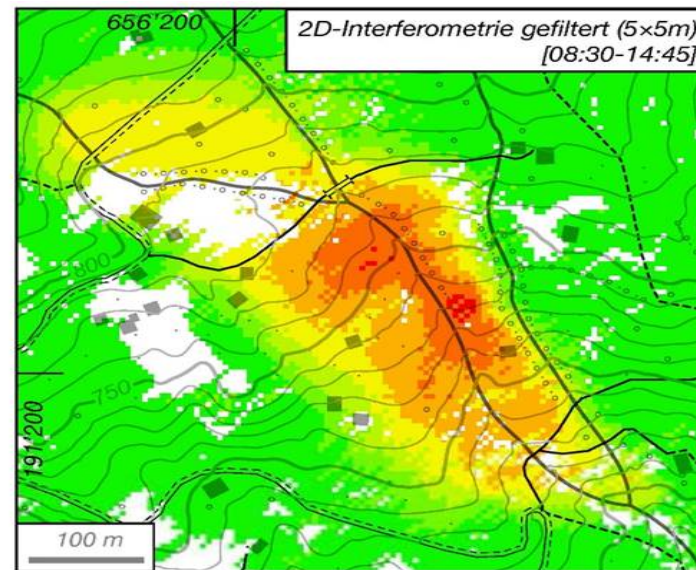
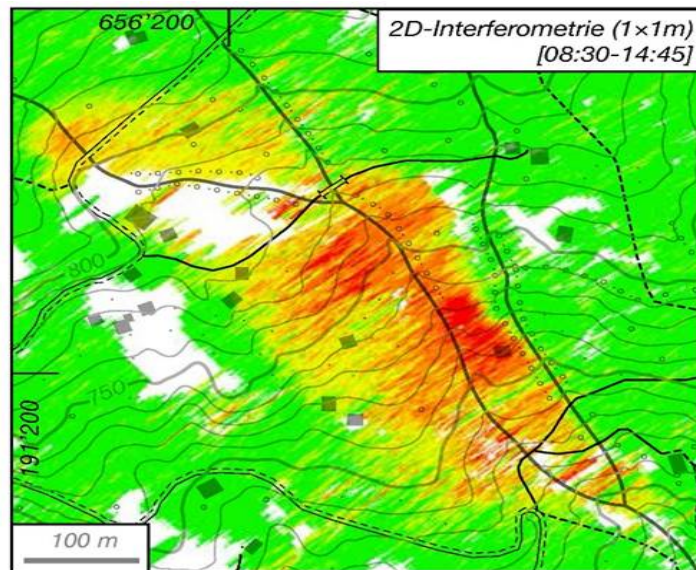
Beispiel Rutschung Kanton Obwalden



(Aus: Caduff et al. 2013)

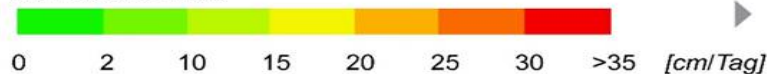
Radarmessungen bei Rutschungen

Terrestrisches Radar: Beispiel Rutschung im Kanton Obwalden



6. Mai 2013

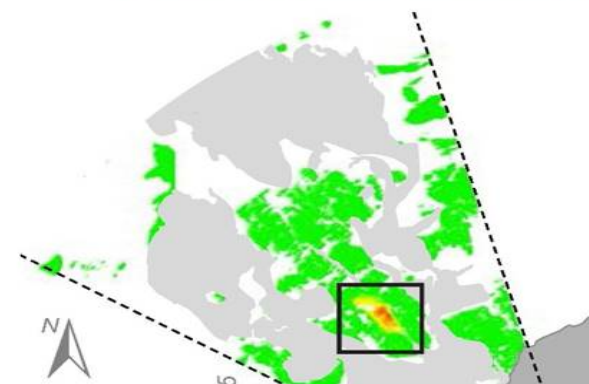
2D Interferometrie



Gemessene 1D

Verschiebungsraten pro Tag

□ Dekorrelierte Bereiche oder Gebiete im Radar-Schatten ohne Verschiebungsangaben



(Aus: Caduff et al. 2013)

B) Satellitenradar

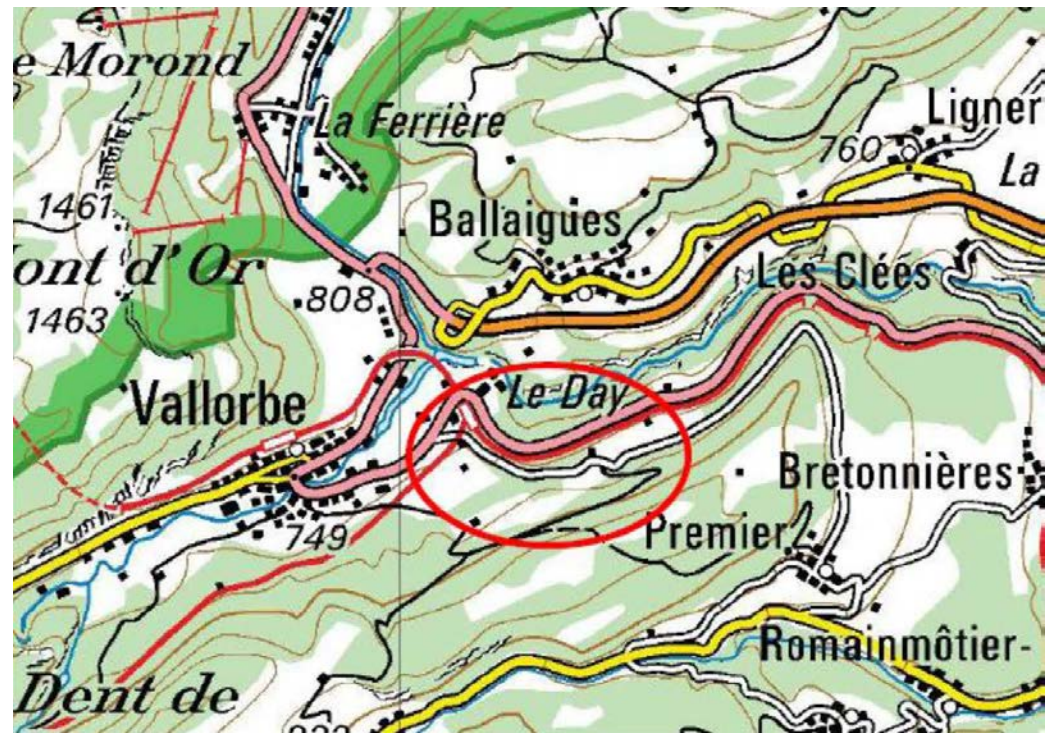
Beispiel Rutschung Vallorbe (VD)

Fragestellung:

⇒ Entwicklung der Rutschbewegungen bei Vallorbe in den letzten Jahrzehnten.

Schadenpotenzial:

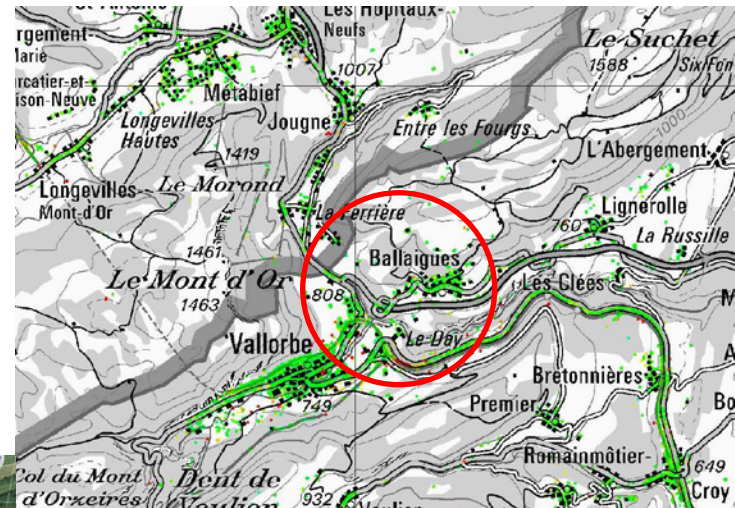
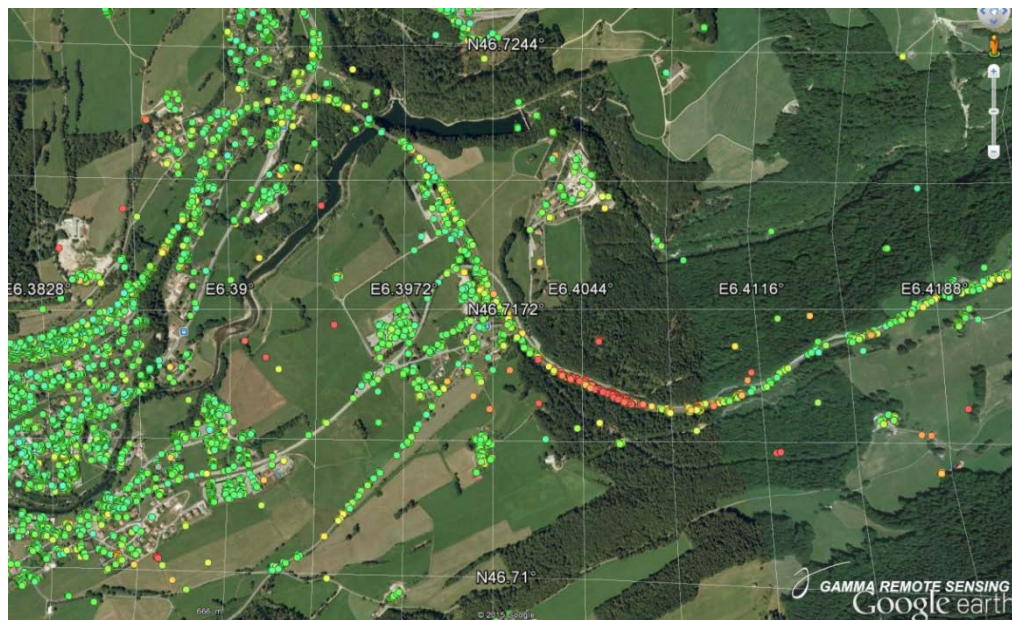
- SBB-Linie



Radarmessungen bei Rutschungen

Satellitenradar: Beispiel Rutschung Vallorbe

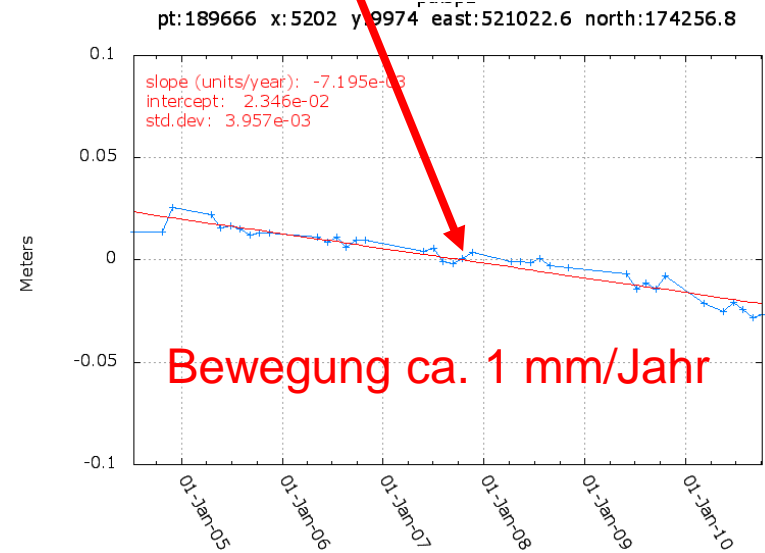
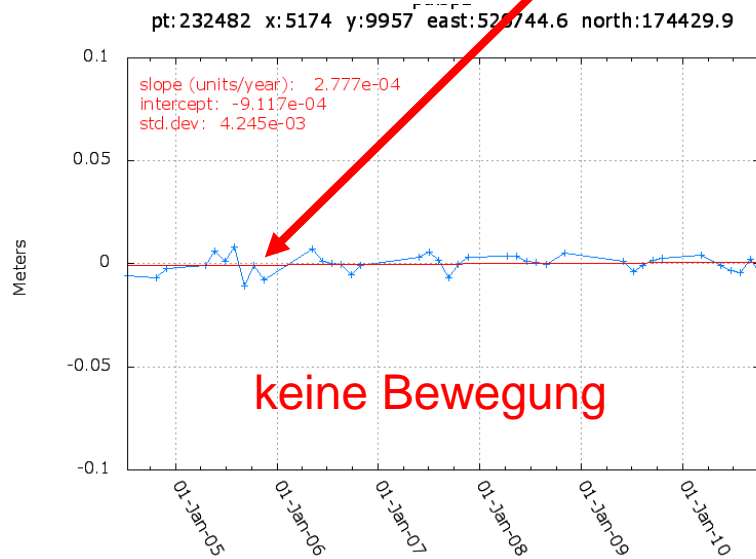
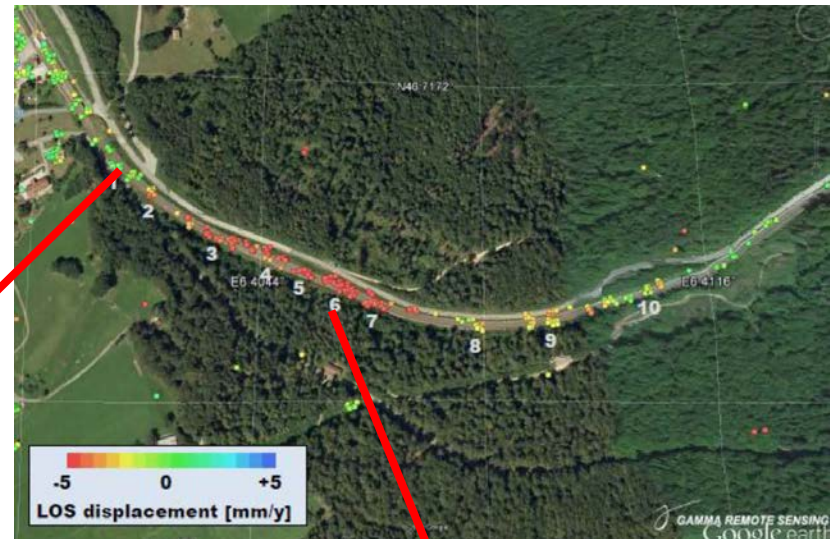
Bewegungen 2004 bis 2010:



Radarmessungen bei Rutschungen

Satellitenradar: Beispiel Rutschung Vallorbe

Bewegungen 2004 bis 2010:



C) Fazit Radarmessungen bei Rutschungen

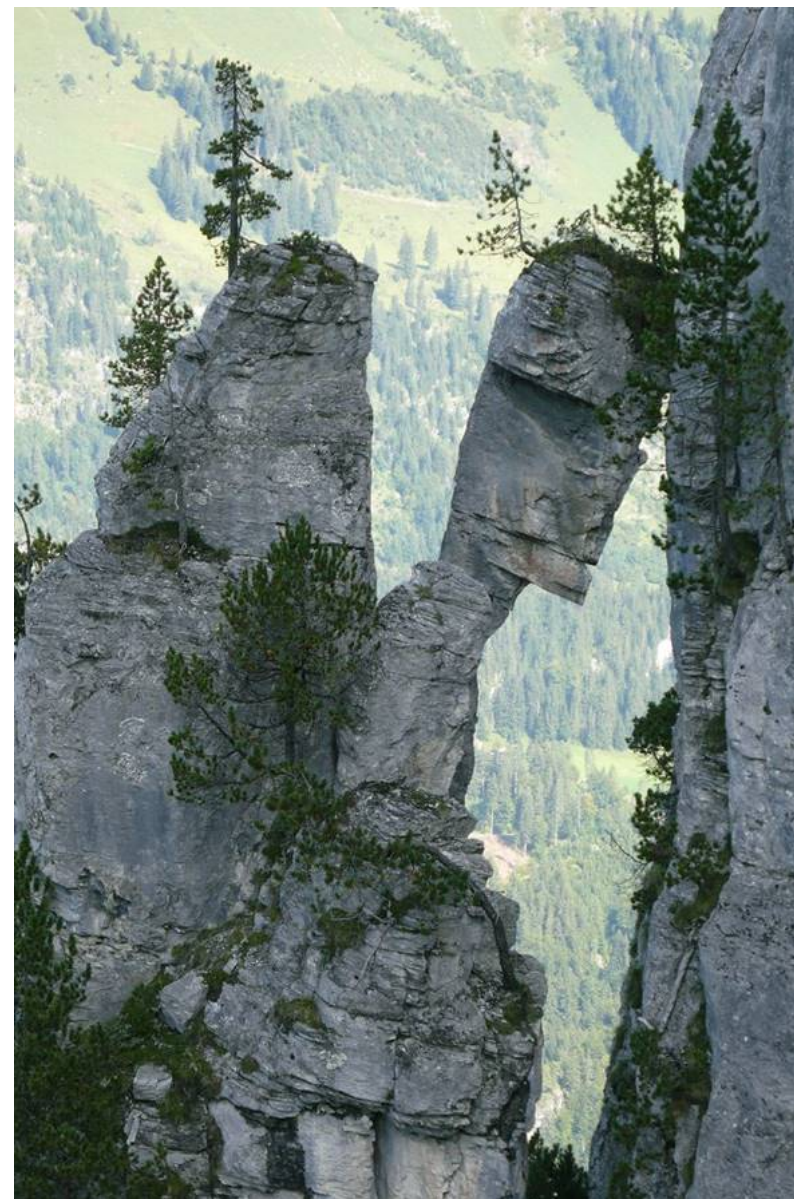
- Radar kann gut eingesetzt werden bei grossen Rutschkörpern.
- Bei schnellen Geschwindigkeiten braucht es viele Messungen (Phasen!).
- Satellitenradar gibt einen guten Überblick.
- Achtung: Vegetation!

5. Ausblick

- Radar sei Dank für die guten Detektionsmöglichkeiten!
- Radar hat aber auch seine Grenzen (Winkel der Satelliten, Distanzen, Vegetation, Schnee etc.).
- Radar ist noch «etwas» teuer für kleinere Projekte (Gemeinden etc.).
- Permanente Messung ideal bei heiklen Projekten mit grossem Schadenpotential.
- Radarbilder sind unbedingt von einem Geologen zu interpretieren und kommentieren werden (fels- bzw. rutschmechanische Aspekte!).
- Radar ersetzt den Menschen nicht!

Felskopf bei Innertkirchen

(entdeckt bei einem Heliflug
und nicht mit dem Radar...!)



Danke für die Aufmerksamkeit!



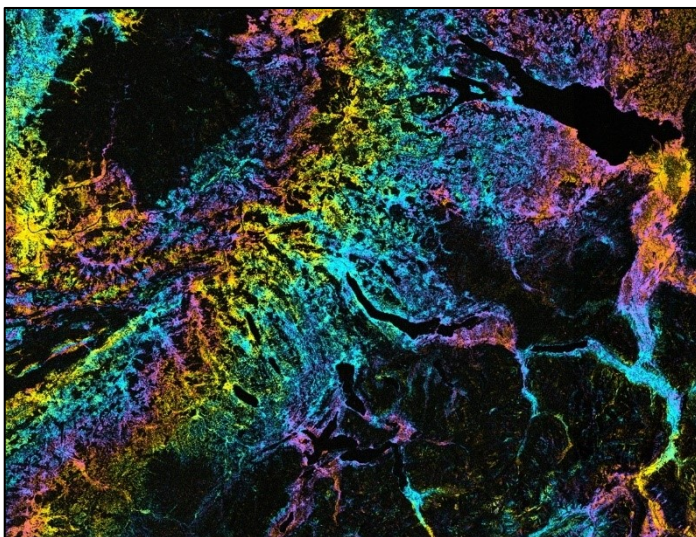
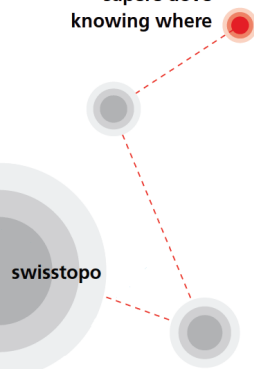
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de topographie swisstopo
Bundesamt für Landestopografie swisstopo
Domaine Mensuration | Bereich Vermessung

Interférométrie radar pour la Suisse

Radarinterferometrie für die Schweiz

wissen wohin
savoir où
sapere dove
knowing where



Perspectives | 27 avril 2018

Ausblick | 27. April 2018

Sebastian Condamin



Programme de colloque

Programm Kolloquium

1. Introduction
S. Condamin, swisstopo
2. Développements innovants avec des systèmes SAR multi-paramétriques: étude de cas «Potentiel des mouvements de surface en Suisse »
Prof. Dr. I. Hajnsek, ETH Zürich
3. Radar - un instrument fiable et précis pour la surveillance des roches
*Dr. Ueli Gruner,
Kellerhals + Haefeli AG*
4. Perspectives
S. Condamin, swisstopo
5. Question / Discussion

1. Einleitung
S. Condamin, swisstopo
2. Innovative Entwicklungen mit multi-parametrischen SAR Systemen: Fallstudie «Potential zu Oberflächenbewegungen in der Schweiz»
Prof. Dr. I. Hajnsek, ETH Zürich
3. Radar - ein zuverlässiges und genaues Instrument für Fels-überwachungen
*Dr. Ueli Gruner,
Kellerhals + Haefeli AG*
4. Ausblick
S. Condamin, swisstopo
5. Fragen / Diskussion



Résumé

Zusammenfassung

- Les mesures InSAR sont possibles presque partout en Suisse
- La couverture de la surface est partiellement restreinte
- Un jeu de géodonnées de base «mouvements de la surface terrestre» pour la Suisse peut être réalisé aujourd'hui
- GBRI est un outil précieux pour la surveillance des roches
- InSAR-Messungen sind fast überall in der Schweiz möglich
- Flächendeckung teilweise eingeschränkt
- Geobasisdatensatz «Oberflächenbewegungen» für die Schweiz ist heute realisierbar
- GBRI ist ein wertvolles Werkzeug für die Felsüberwachung



Jeu de données InSAR multifonctionnel

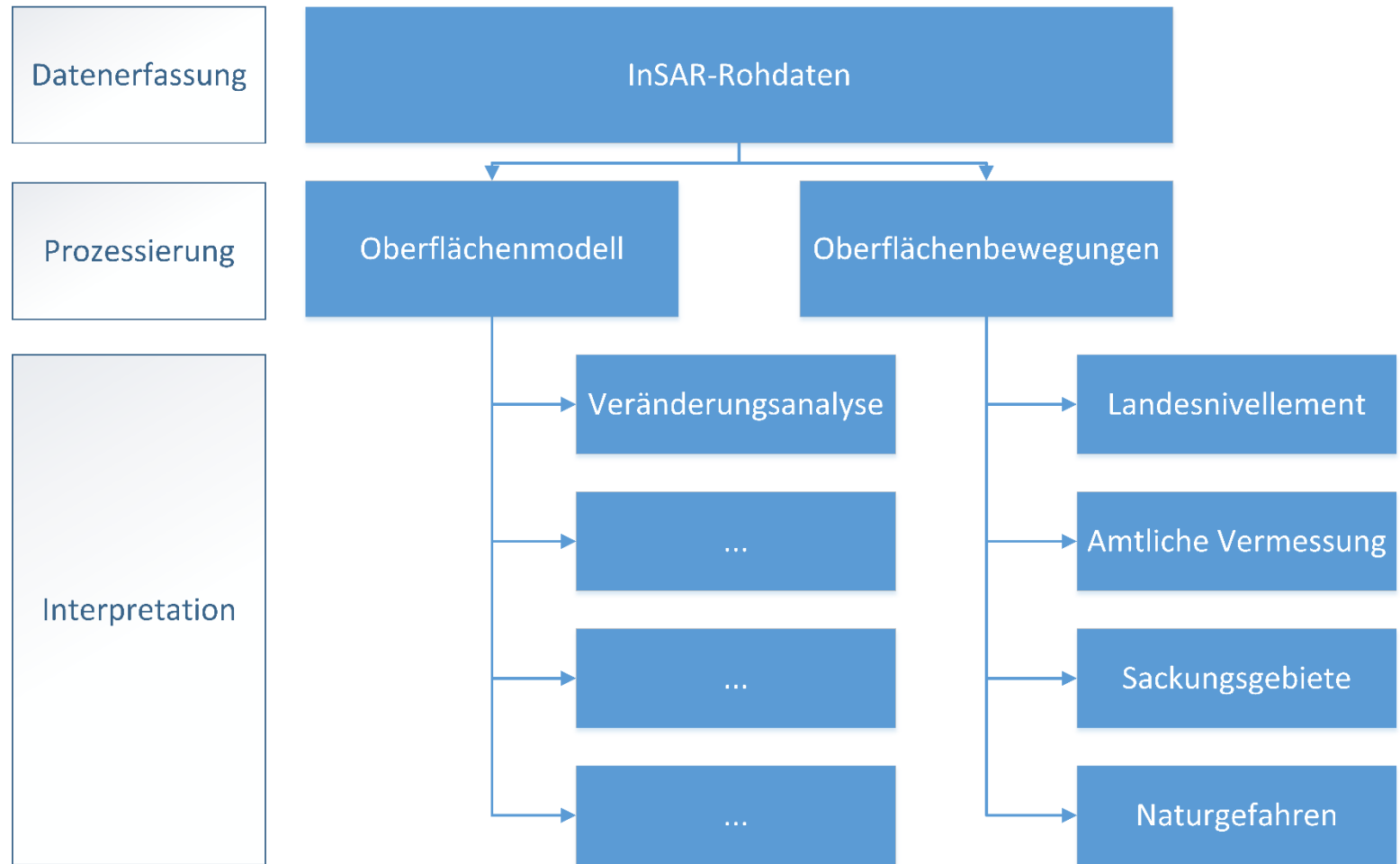
Multifunktionaler InSAR-Datensatz

- Modèle altimétrique
 - Haute résolution temporelle
 - Meilleure actualité
 - Qualité modérée
- Mouvements de la surface terrestre
 - Nivellement fédéral
 - Mensuration officielle
 - Zone d'affaissement
 - Dangers naturels
- Höhenmodell
 - Hohe zeitliche Auflösung
 - Aktueller
 - Moderate Qualität
- Oberflächenbewegungen
 - Landesnivellement
 - Amtliche Vermessung
 - Sackungsgebiete
 - Naturgefahren



Jeu de données InSAR multifonctionnel

Multifunktionaler InSAR-Datensatz





Perspectives Ausblick

Autres cas d'utilisation de SAR à swisstopo:

- Utilisation des stations AGNES comme points de référence pour les mesures InSAR
- Reprocessing des données d'archive InSAR
- Combinaison GRBI avec GNSS

Weitere SAR-Anwendungsfälle bei swisstopo:

- Verwendung AGNES-Stationen als Referenzpunkte für InSAR-Messungen
- Reprocessing von InSAR-Archivdaten
- Kombination GBRI mit GNSS



Perspectives Ausblick

Prochain événement: Journée portes ouvertes Géostation
Nächster Anlass: Tag der offenen Tür Geostation Zimmerwald



Samedi, 02.06.2018, 09:30 | Samstag, 02.06.2018, 09:30
www.aiub.unibe.ch/events



Merci pour votre attention!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Y a-t-il des questions ou des sujets de discussion?

Gibt es Fragen oder Diskussionspunkte?