



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Landestopografie swisstopo  
Technik und Innovation

# Von Höhen und Tiefen

## Methoden und Verwendung von Höhen- und Tiefenmessungen

7. Dezember 2018

Florian Gandor, Roman Geisthövel,  
Andreas Möri, Urs Wild

wissen wohin  
savoir où  
sapere dove  
knowing where





# Agenda

Nivellement, GNSS, InSAR	Urs Wild
Bohrungen, Seismik, Meerestiefen	Andreas Möri
Luftbilder, LIDAR und Bathymetrie	Florian Gandor
Automatische Höhenlinienableitung	Roman Geisthövel
Fragen und Antworten	alle



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

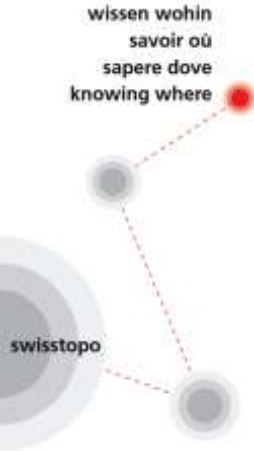
Bundesamt für Landestopografie swisstopo  
Technik und Innovation

wissen wohin  
savoir où  
sapere dove  
knowing where

# Geodätische Methoden der Höhenbestimmung

7. Dezember 2018

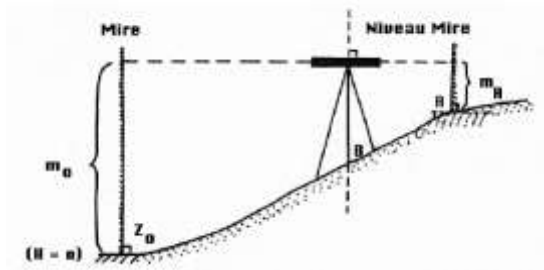
Urs Wild



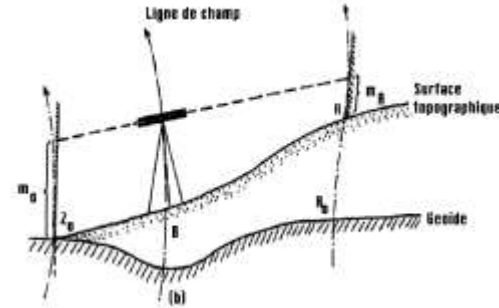


# Nivellement: Messprinzip / Principe

- Messung von Höhendifferenzen  
Mesures de différences d'altitudes
- Lokal (z.B. Baustelle)  
Local (p.e. chantier)



Landesvermessung  
Mensuration nationale



→ Einfluss des Schwerfeldes  
→ Influence du champ de pesanteur



# Nivellement: Instrumente / Instruments

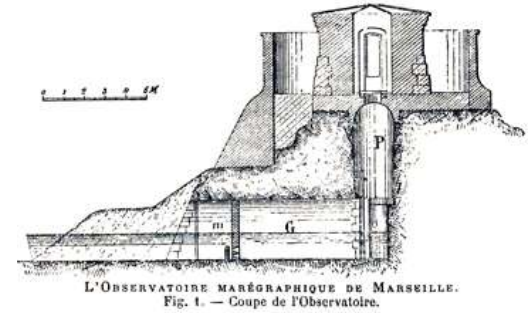


- Digitalnivellier / Strichcode-Latten (Invar)
  - Messtrupp besteht aus 3 MA
  - Tagesleistung: 4 km ( $\approx 80$  Stationen)
  - Innere Genauigkeit:  
1 km Doppelnivellement = 0.3 mm
  - Software: PCNIV2 & LNAUS
- 
- Niveau digitale et lattes à code-barres (Invar)
  - Equipe de 3 personnes
  - Débit journalier: 4 km ( $\approx 80$  stations)
  - Précision interne:  
1 km nivellement double = 0.3 mm
  - Logiciel: PCNIV2 & LNAUS



# Nivellement: Horizont / Horizon

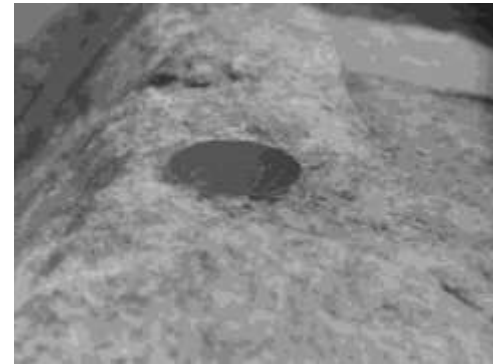
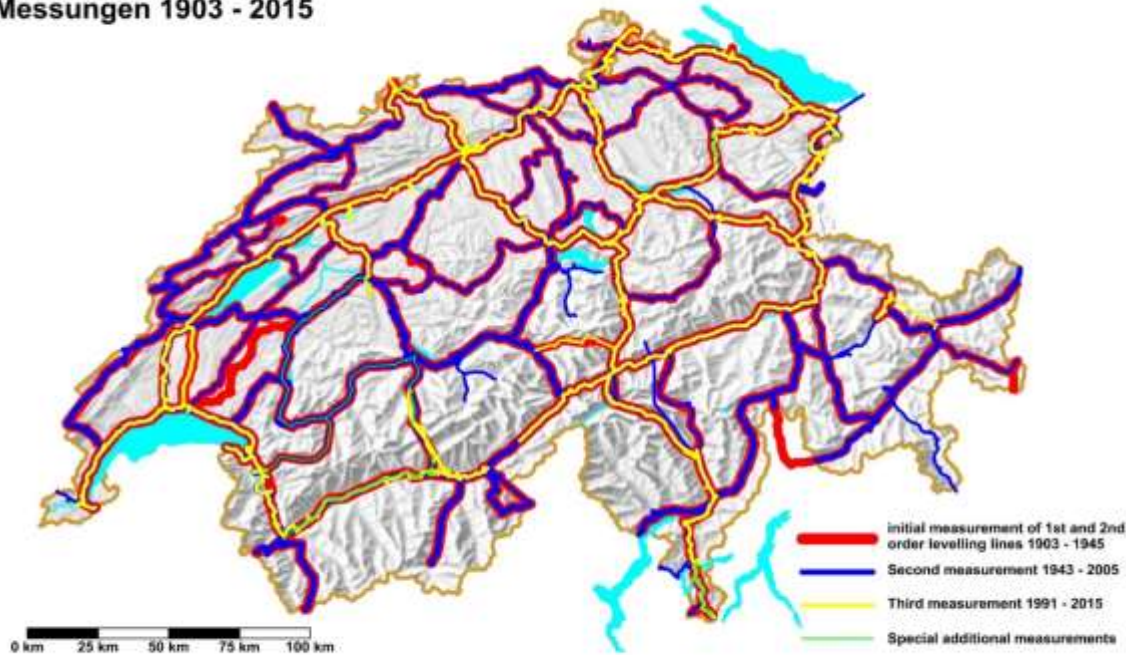
- Repère Pierre du Niton
- **373.6 m.ü.M.**  
→ über dem «Mittelwasser» des Hafens Marseille (Pegel)
- **373.6 m.ü.M.**  
→ par rapport à l'Observatoire Marégraphique de Marseille





# Nivellement: LN02 / NF02

Landeshöhennetz  
Messungen 1903 - 2015



Repère Pierre du Niton



Aarburg





# Nivellement: Differenzen an Landesgrenze / Différences à la frontière

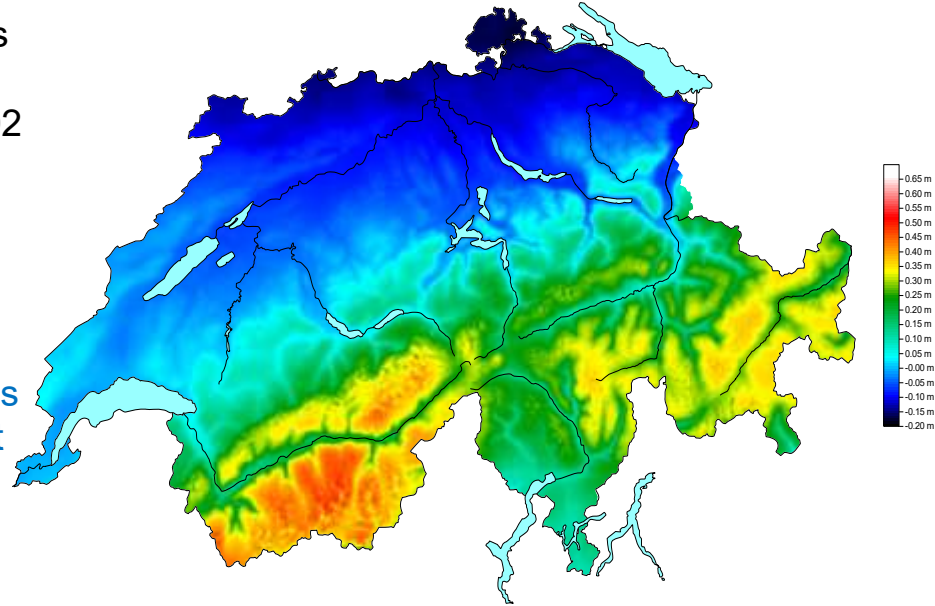






# Nivellement: LHN95 / RAN95

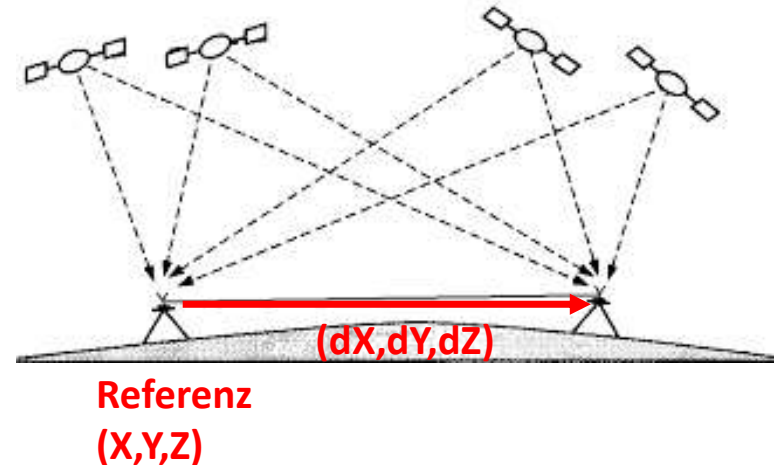
- Landeshöhenetz 95
  - «Strenges» kinematisches Höhensystem
  - Differenzen zu LN02 im Bereich von -2 bis +4 dm (Nordschweiz - Alpen)
  - Transformation zwischen LHN95 und LN02 mittels HTRANS
- 
- Réseau Altimétrique National 95
  - Système «rigoureux» tenant compte du potentiel et des phénomènes cinématiques
  - Différences par rapport à NF02 entre -2 et +4 dm (Nord – Alpes)
  - Transformation entre RAN95 et NF02 à l'aide de HTRANS





# GNSS: Messprinzip / Principe

- GNSS = Global Navigation Satellite Systems
- Berechnung des **3D-Vektors** zwischen Referenz und Rover
- GNSS liefert ellipsoidische Höhen
- Höhengenaugigkeit ist immer um einen Faktor 2 – 3 schlechter als Lagegenauigkeit
  - Geometrie
  - Troposphäre
- Calcul du **vecteur 3D** entre référence et rover
- Altitudes GNSS sont des altitudes ellipsoïdiques  
Précision altimétrique 2 – 3 fois inférieure  
à la précision  
planimétrique
  - géométrie
  - troposphère





# GNSS: Antennen / Empfänger





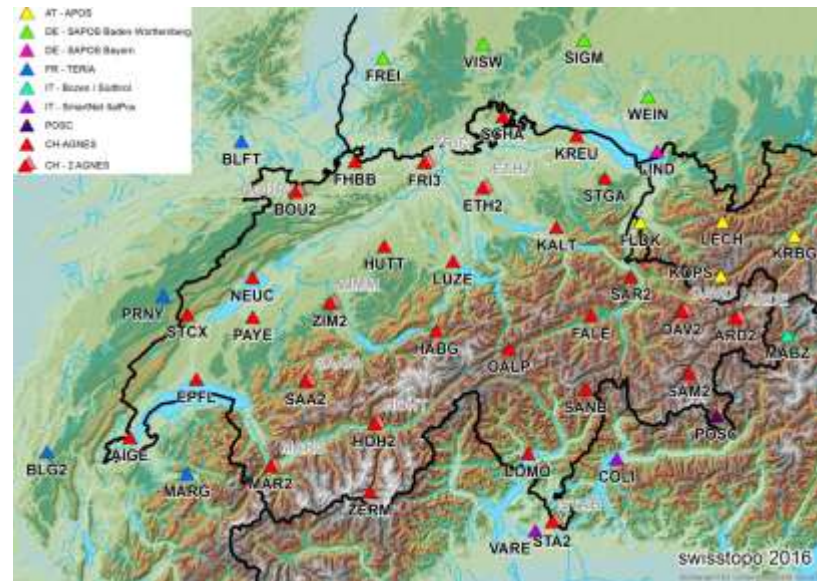
# GNSS: Netze / Réseaux



## LV95 / MN95

Genauigkeit: Lage < 10 mm / **Höhe 15 mm**

Précision: Planimétrie < 10 mm / **Altitude 15 mm**



## AGNES

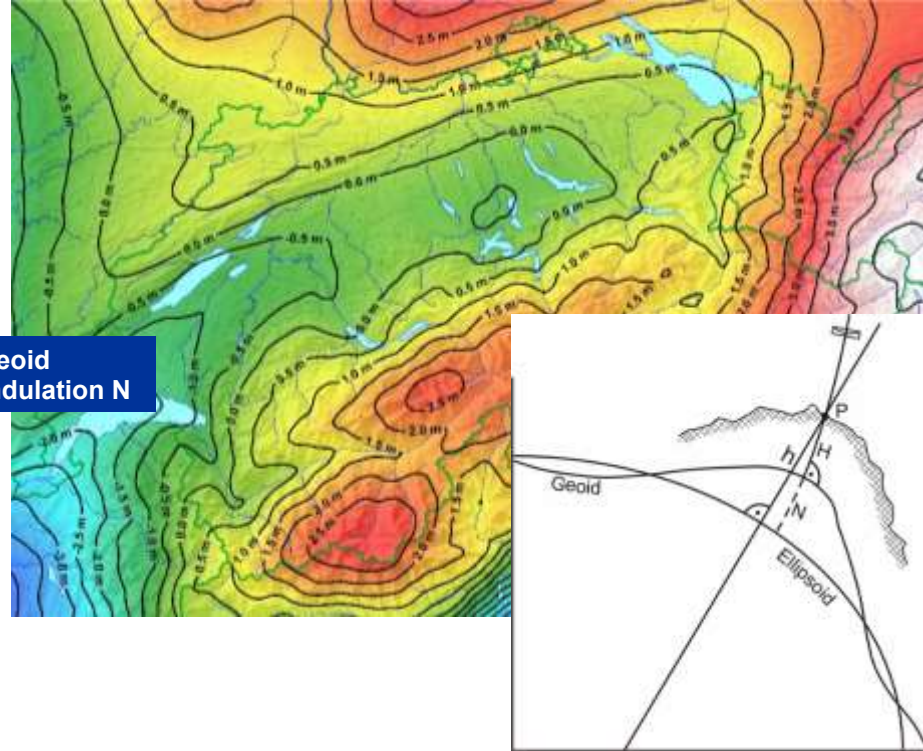
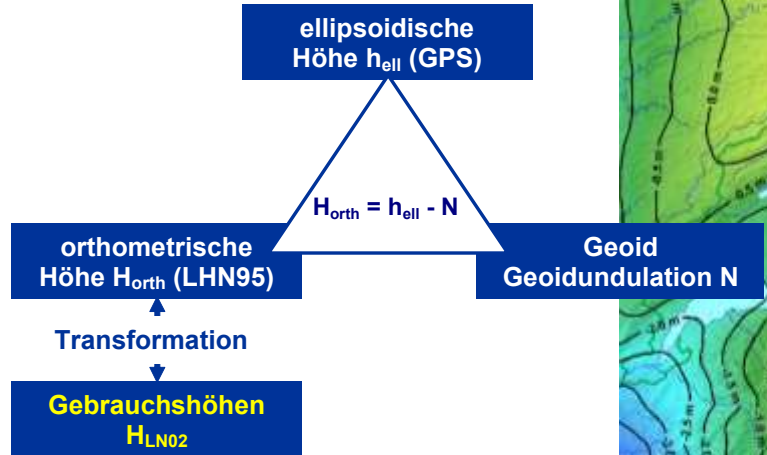
Genauigkeit: Lage 3 mm / **Höhe 8 mm**

Précision: Planimétrie 3 mm / **Altitude 8 mm**



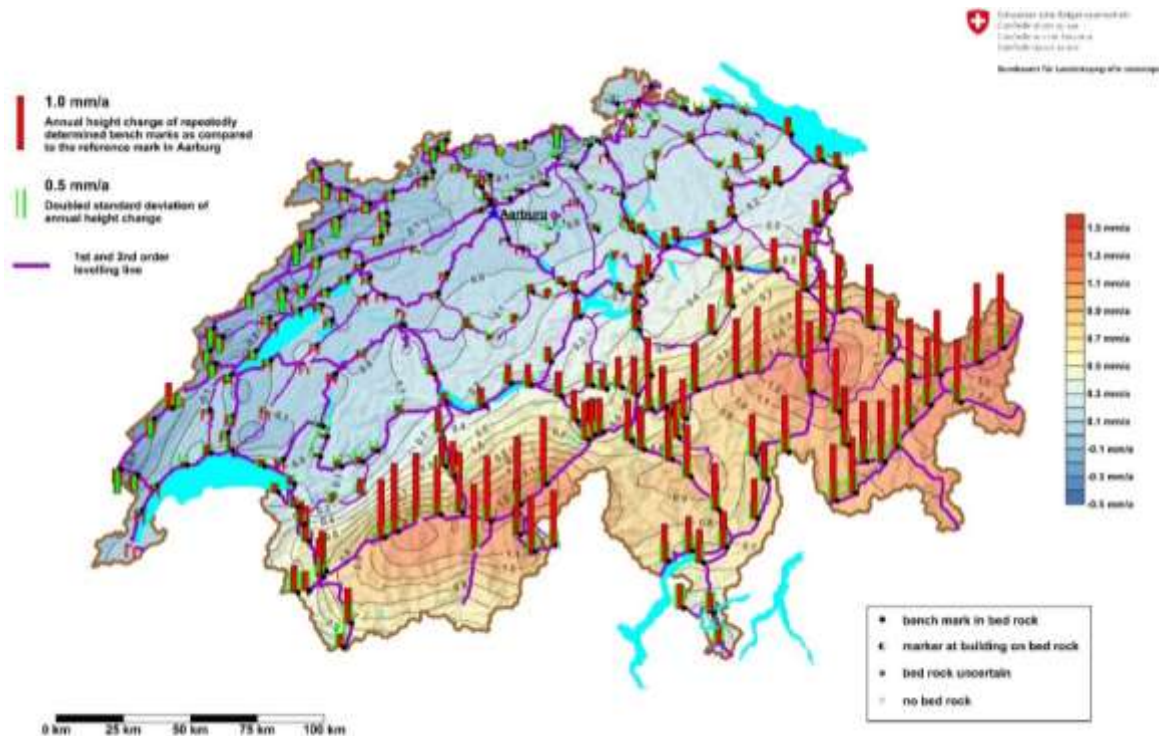


# GNSS / Nivellement: Geoid / Géoïde





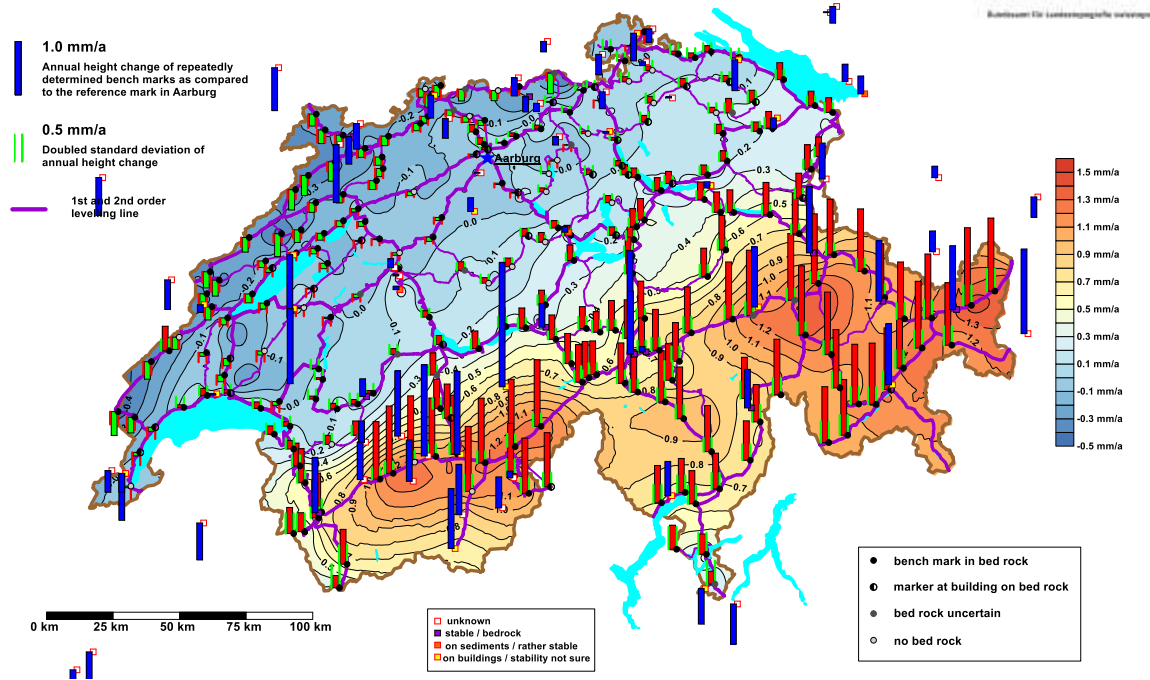
# Vertikalbewegungen aus Nivellement / Mouvements verticaux nivellement





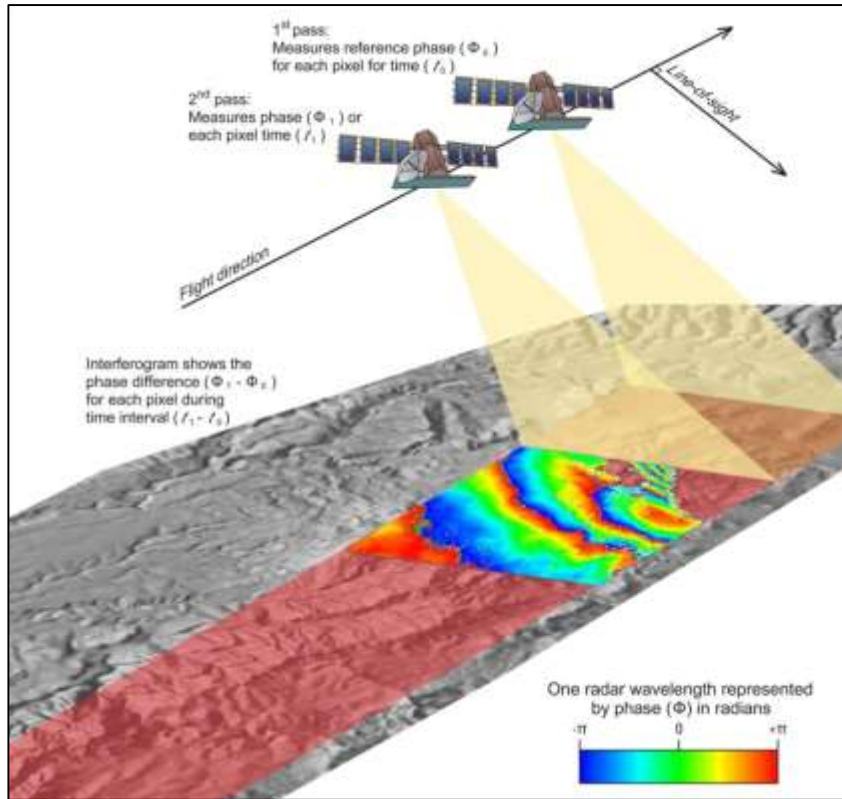


# Vertikalbewegungen aus GNSS / Mouvements verticaux GNSS





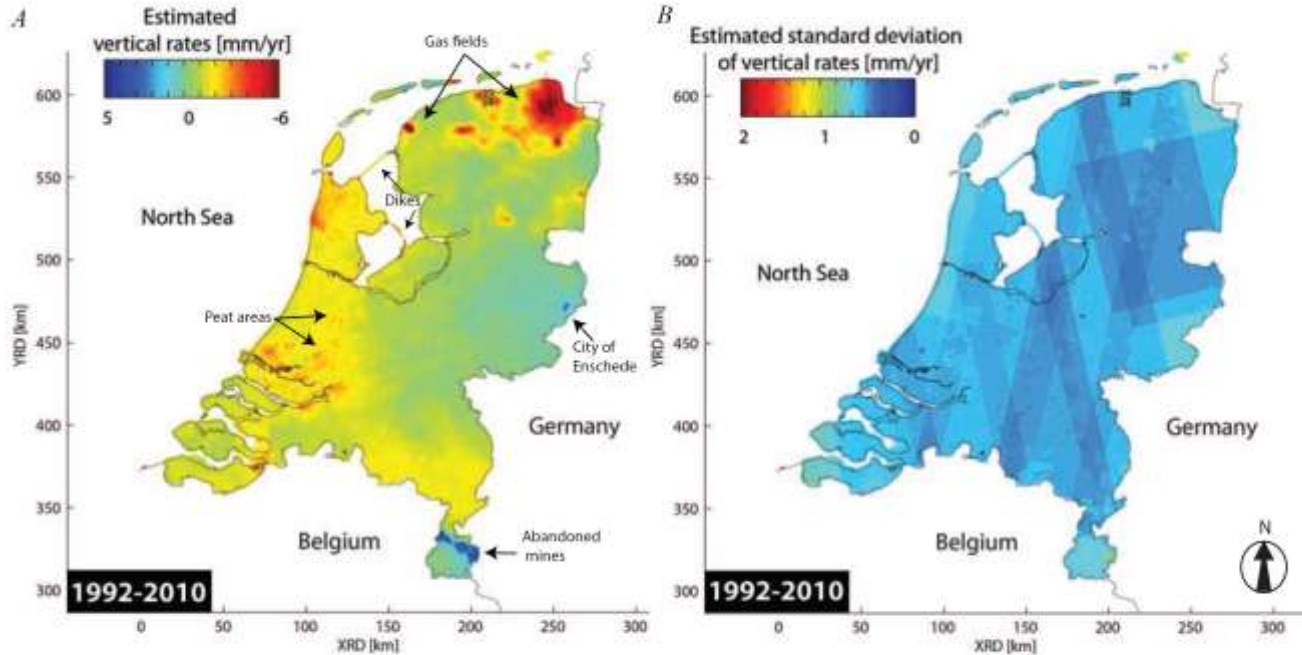
# InSAR: Messprinzip / Principe



- InSAR = Interferometric Synthetic Aperture Radar
- Satelliten / **Satellites**:
  - ERS-1 / ERS-2 (bis 2011)
  - TerraSAR-X
  - TanDEM-X
  - Sentinel 1a / 1b



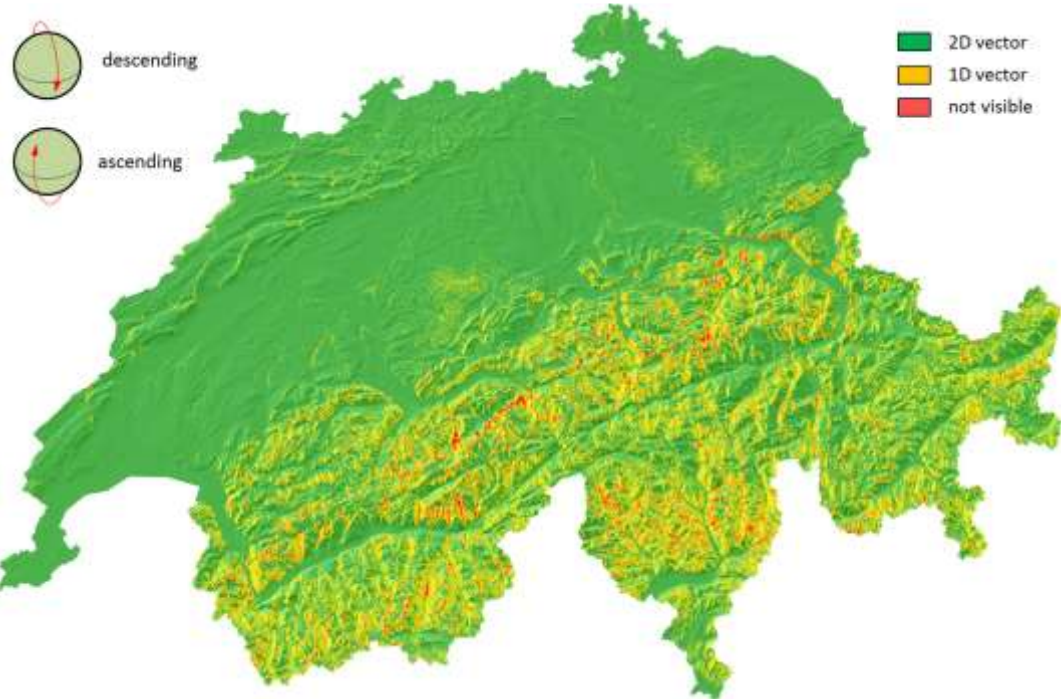
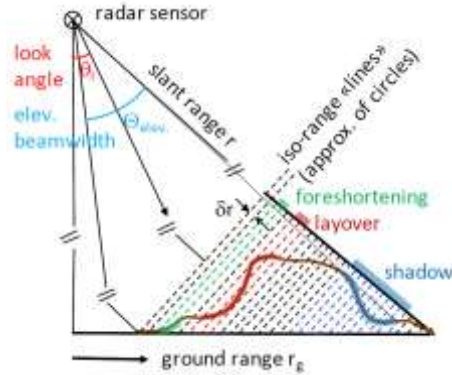
# InSAR: Bodenbewegungen



Quelle: M. Cuenca, R. Hanssen, A. Hooper & M. Arıkan (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](https://earth.esa.int/documents/10174/1576732/Surface_deformation_Netherlands_PSI_analysis.pdf)



# InSAR: Alpen / Alpes ?



Look angle =  $35^\circ$   
→ 2D: 76%  
→ 1 D: 22%  
→ Not visible: 2 %



# Zusammenfassung / **Résumé**

	InSAR	Nivellement	GNSS
Beobachtungszeitraum	max. 20 Jahre	max. 130 Jahre	max. 10 Jahre
Zeitliche Auflösung	mittel (35 Tage)	gering (>20 Jahre)	sehr hoch (1 Tag)
Räumliche Auflösung	hoch (urban)	mittel (Linien)	gering (30-40 km)
Genauigkeit (2s)	0.6 mm/Jahr	0.2 mm/Jahr	0.3-0.4 mm/Jahr
Komponenten	Schrägentfernung	vertikal	3 Komponenten
Referenz	Referenzgebiet	Referenzpunkt	ITRF

Quelle:

B. Heck, «Geodätische Erfassung von Bodenbewegungen in Baden-Württemberg », KIT Karlsruhe, 2016



# Ein Blick in die Tiefe...

## *Un coup d'oeil en profondeur...*

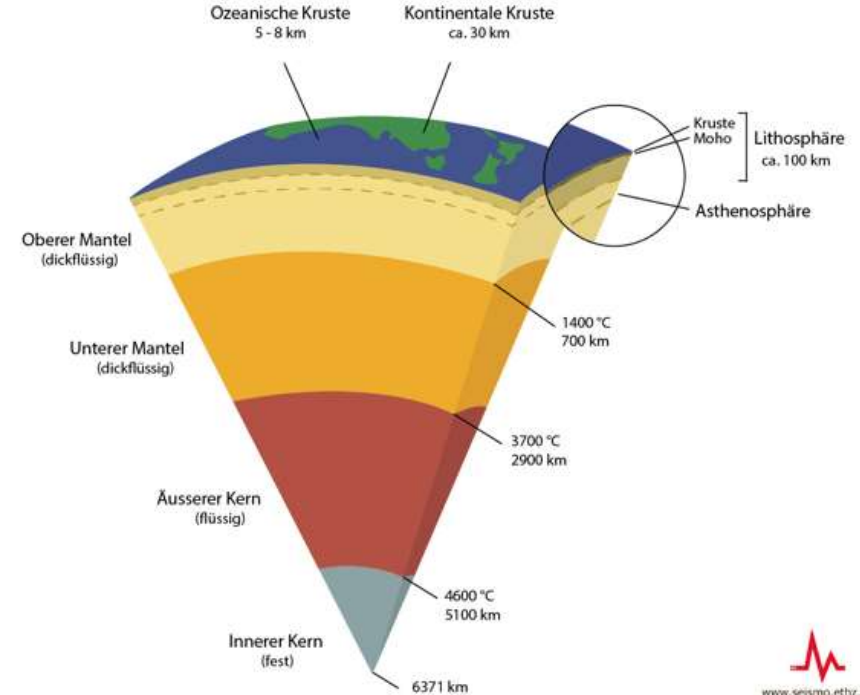
Methoden zur Tiefenerkundung:

*Méthodes de reconnaissance en profondeur:*

- Bohrungen – *Forages*
- Seismik – *Sismique*

Felsoberfläche – *Toit rocheux*

Tiefen im Meer – *Abîmes en mer*







# Bohrungen – *Forages*

## Kernbohrung – *Forage carotté*



## Destruktivbohrung *Forage destructif*





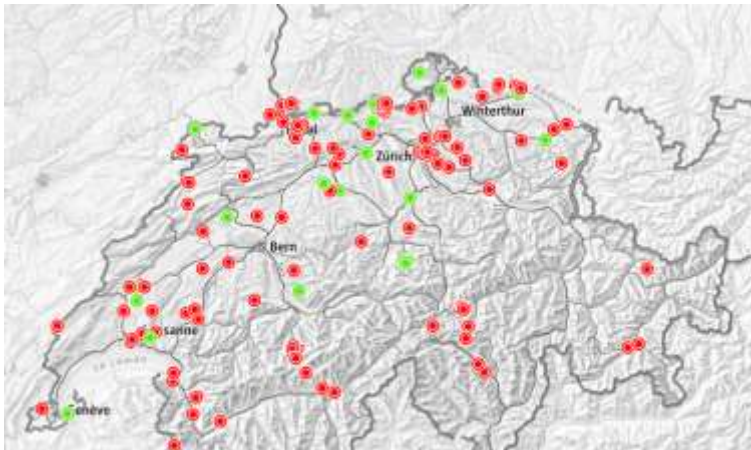
# Bohrungen – *Forages*

- Handbohrung: 1 m  
*Sondage à la main*
- Sondierbohrung (Geotechnik): 10 bis max. 50 m  
*Forage de reconnaissance (géotechnique)*
- Erdsondenbohrungen: bis ca. 200 m  
*Forage pour sonde géothermique*
- Sondierbohrungen (z.B. Tiefenlager): bis ca. 1000 m  
*Forage de reconnaissance (p.ex. dépôt en profondeur)*
- Tiefengeothermiebohrungen: bis ca. 4500 m  
*Forage géothermique profond*
- Forschungsbohrungen: bis ca. 10'000 m  
*Forage scientifique*

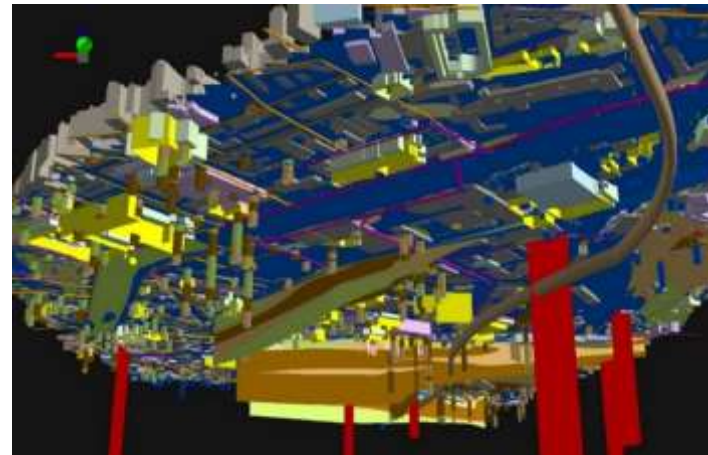




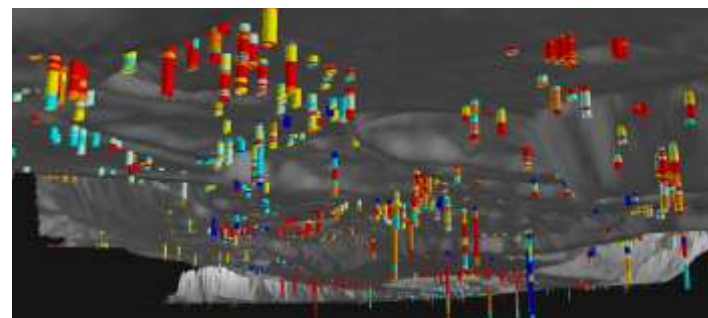
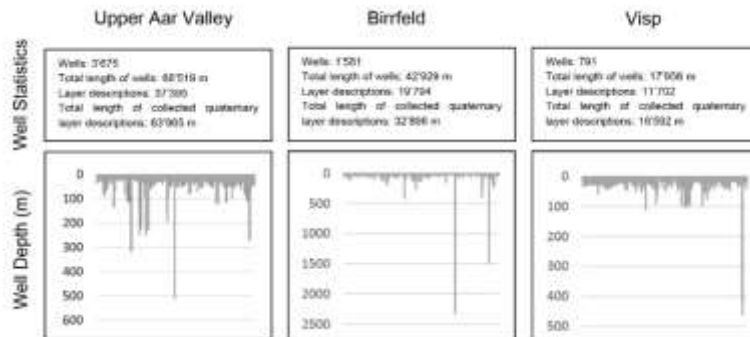
# Bohrungen – *Forages*



Layer > 500 m auf [map.geo.admin.ch](http://map.geo.admin.ch)



Bohrungen unter Genf (GeoQuat)



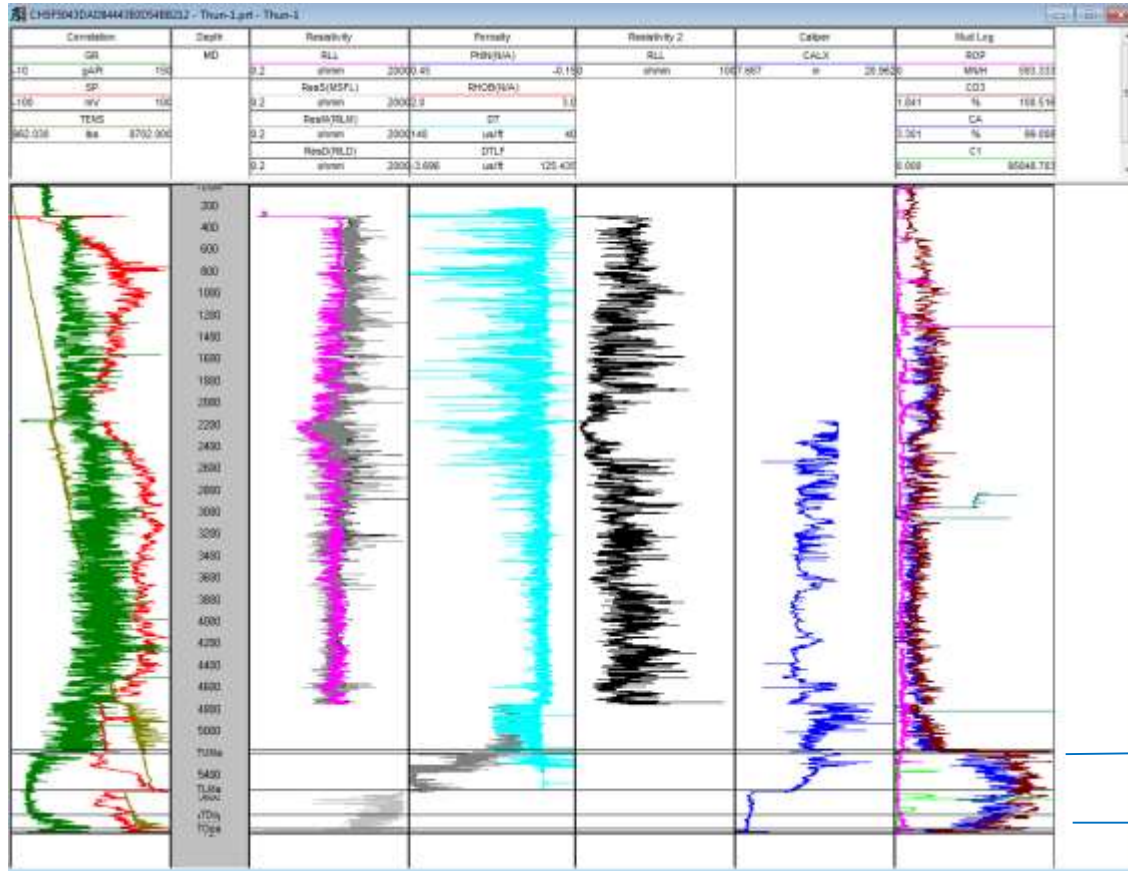
Bohrungen im Birrfeld (GeoQuat)





# Tiefbohrung Thun-1 – 5945 m

## Forage profond Thun-1 – 5945 m



Känozoikum

Mesozoikum

Grundgebirge



# Kola-Bohrung – 12'262 m

## *Forage de Kola – 12'262 m*





# Tiefenangaben im Geologischen Atlas der Schweiz (GA25)

## Données en profondeur sur l'Atlas géologique de la Suisse



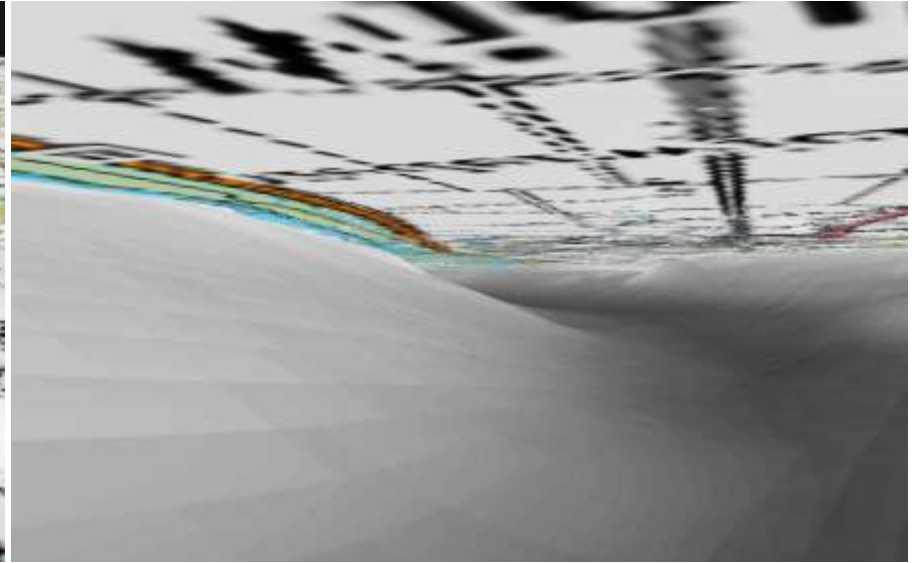
Bundesamt für Landestopografie swisstopo

Technik und Innovation



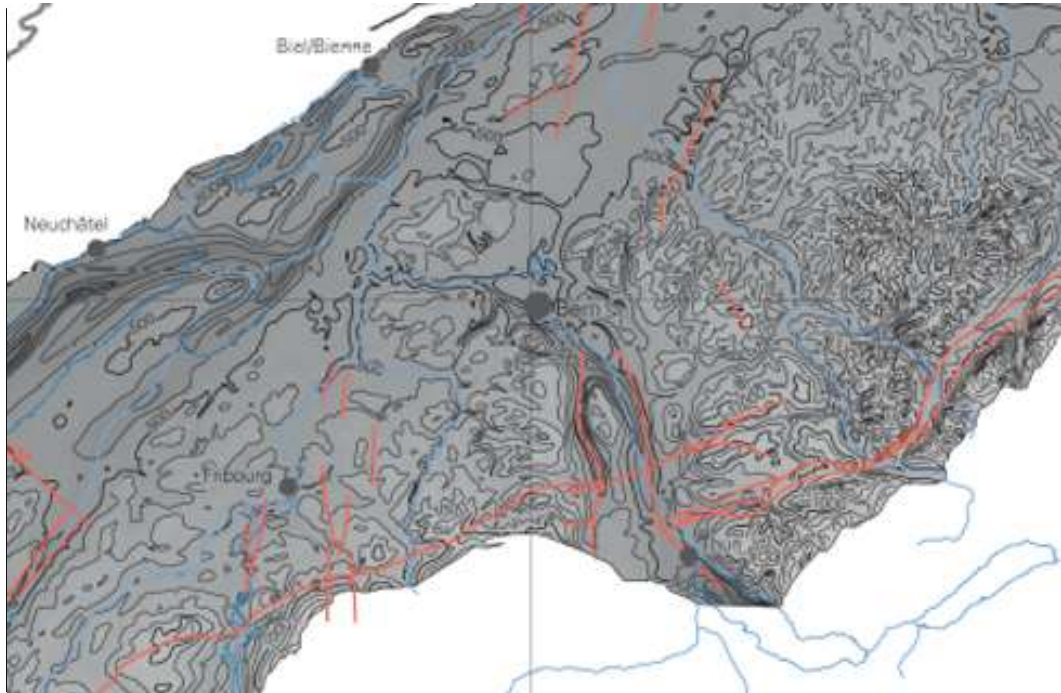


# Felsoberfläche – *Toit rocheux*





# Isohypsenkarten – *Carte d'isohypses*





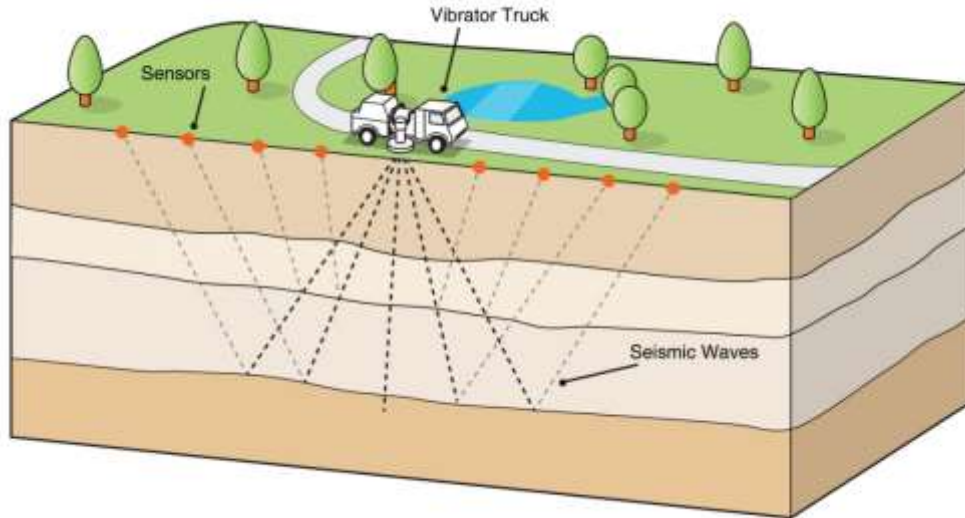
# Mächtigkeitkarten - relative Tiefenangabe

*Carte d'épaisseur - données de profondeur relative*

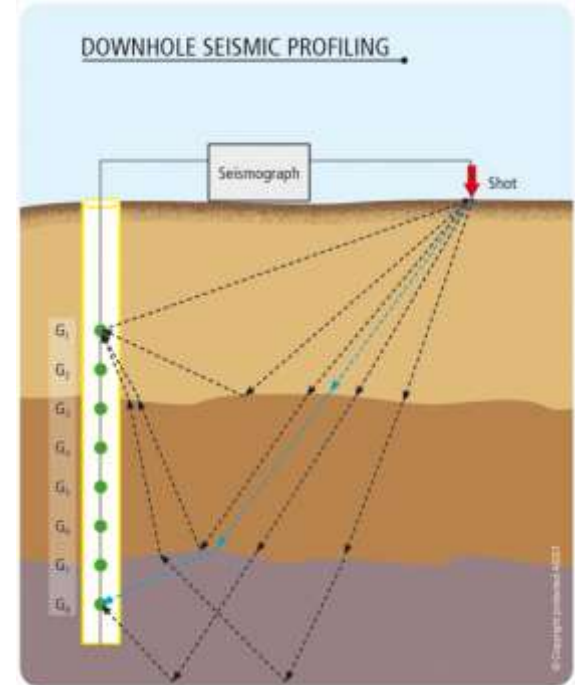




# Seismic Survey & Check-shot



<https://oilindustrytraining.com/seismic-data-intractable-problem-and-big-payoff-sell-a-seismic-acquisition-innovation/>



<http://asstgroup.com/techniques.html>

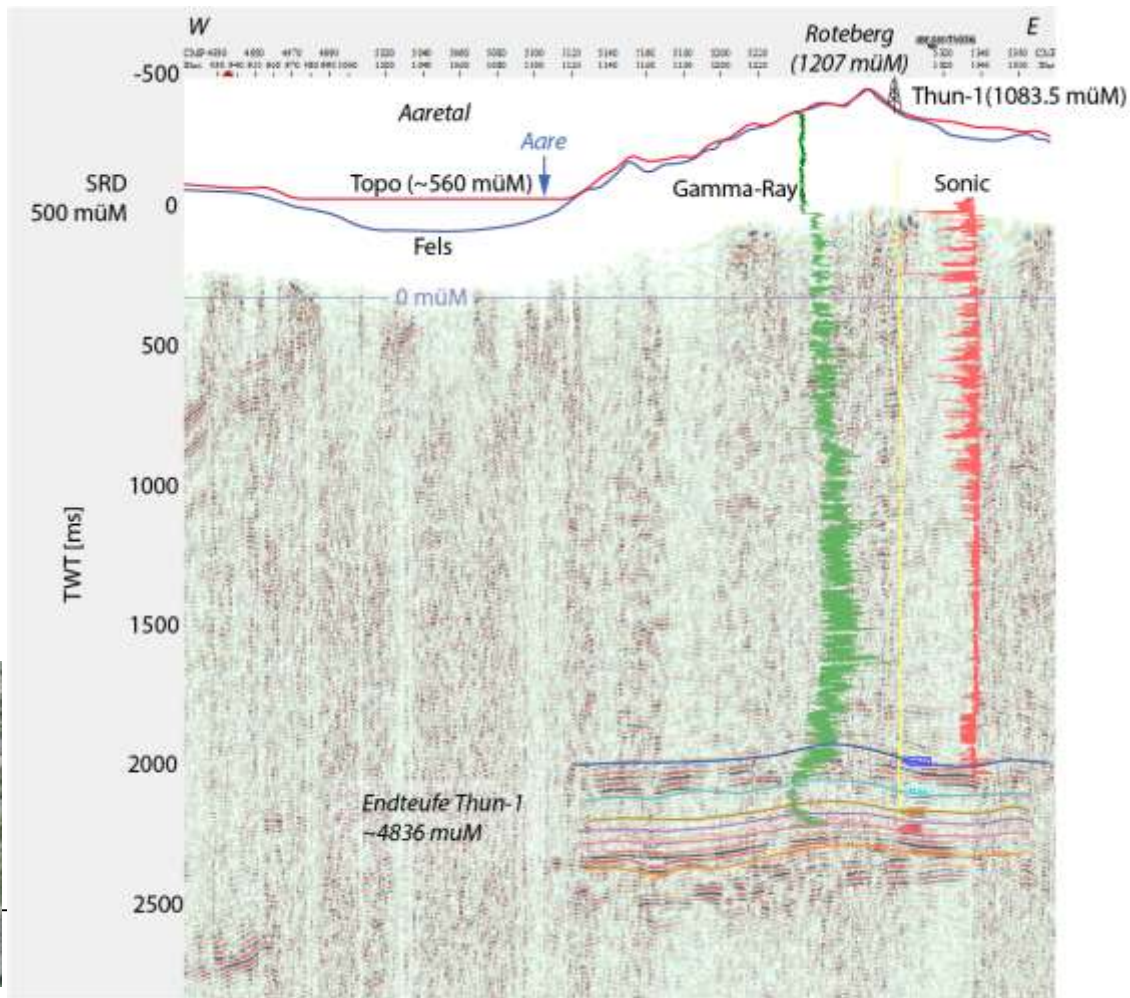




# 2D-Seismik

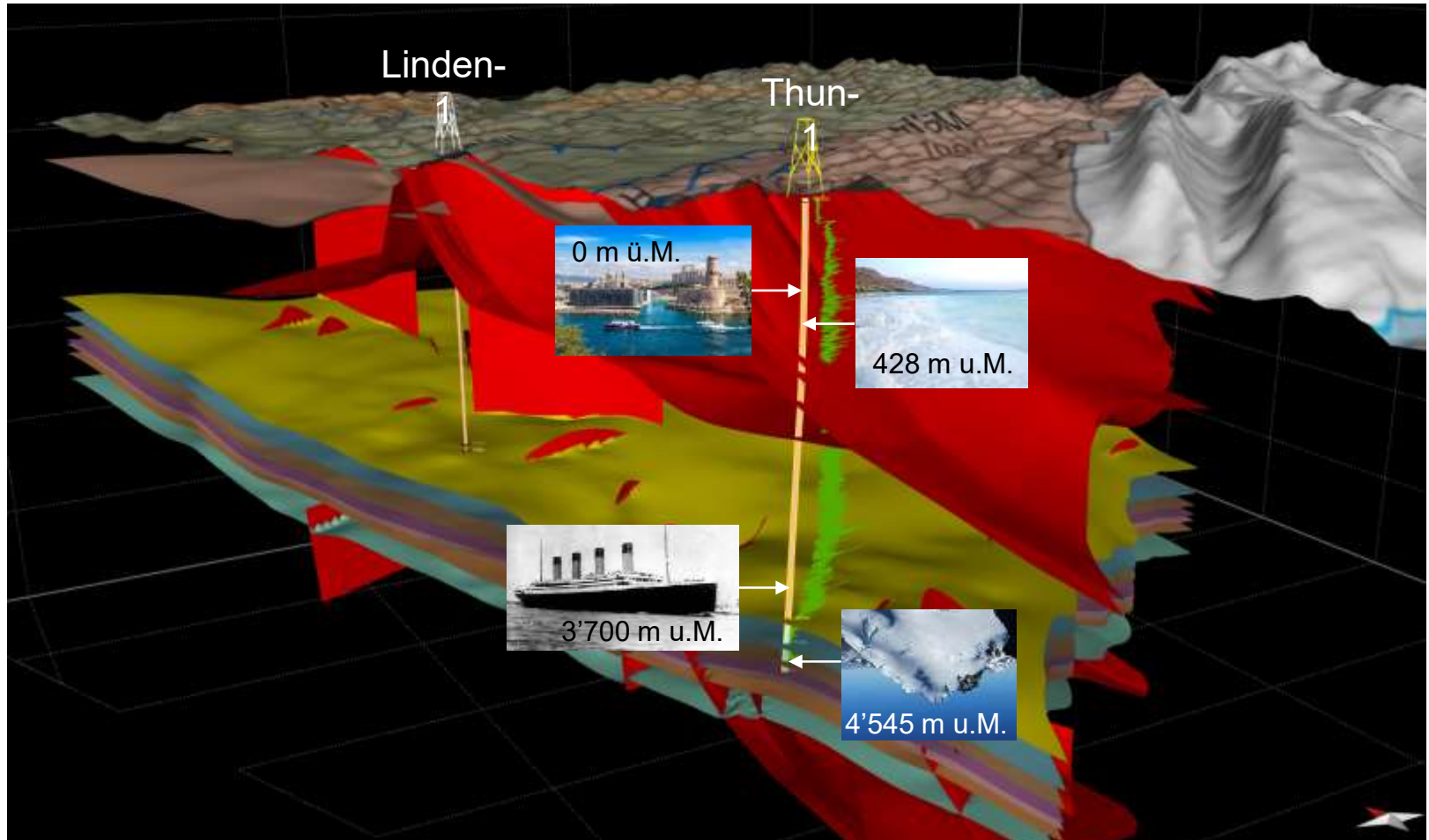
## Sismique 2D

1. Prozessierte Sektion – *Profil «processé»*
2. Bohrung einbinden – *Forage intégré*
3. Interpretation – *Interprétation*





# GeoMol östlich von Thun – *GeoMol à l'est de Thoune*

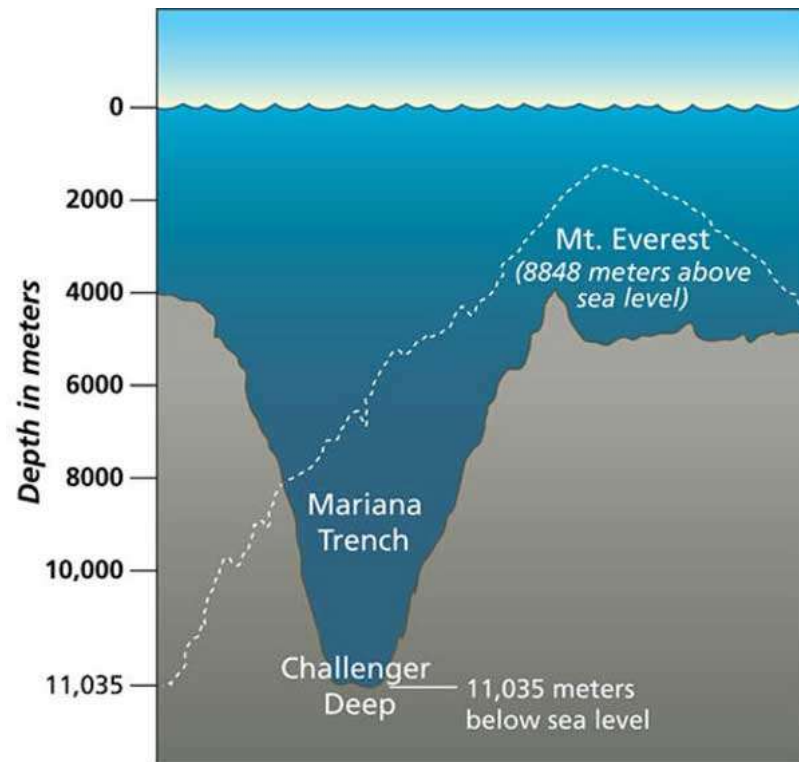






# Tiefen im Meer – Marianengraben

## *Profondeur en mer – Fosse des Mariannes*

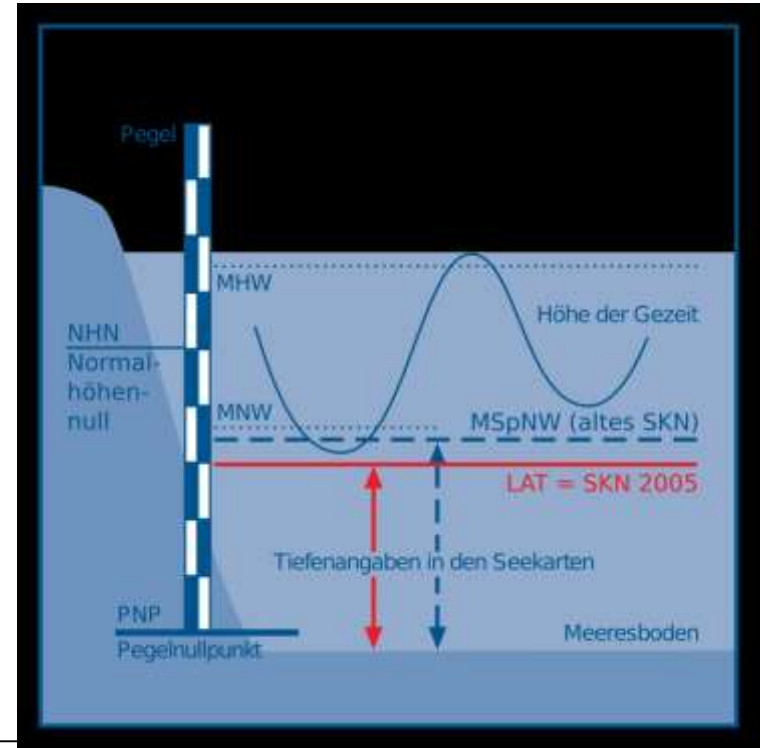




# Referenzpunkte und Tiefenlinien

## *Points de référence et isobathes*

- Tiefen in topografischen Karten ab OKT bzw. relativ zu NHN in m ü. M. (z.B. Seetiefe, Bohrungstiefe)
- Tiefen auf nautischen Karten beziehen sich auf «Seekartennull»:
  - MSpNW = mittleres Springniedrigwasser
  - LAT: Lowest Astronomical Tide





Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Office fédéral de topographie swisstopo  
Images et modèles altimétriques

wissen wohin  
savoir où  
sapere dove  
knowing where

swisstopo



## Von Höhen und Tiefen Pics et sous-sol

Einblick der Entwicklung altimetrischer Messverfahren und Modelle  
Aperçu de l'évolution des mesures et modèles altimétriques

7 Dezember 2018  
7 Décembre 2018

Florian Gandor  
TBHH



# Verknüpfungen Liens

Vorstellung Prezi  
Présentation Prezi

<https://prezi.com/p/p7khrcliwehm/>





Siegfried Karte 1893  
Carte Siegfried 1893

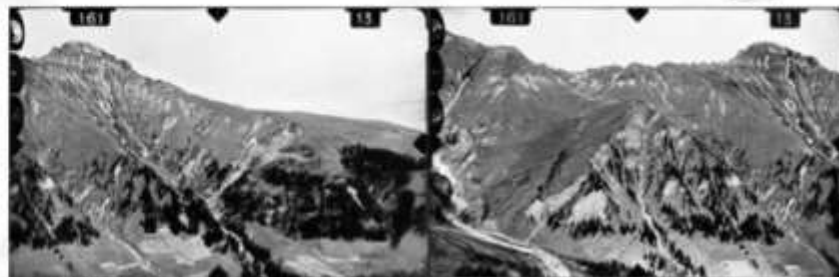
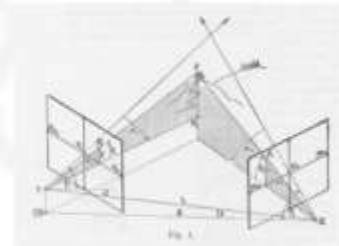




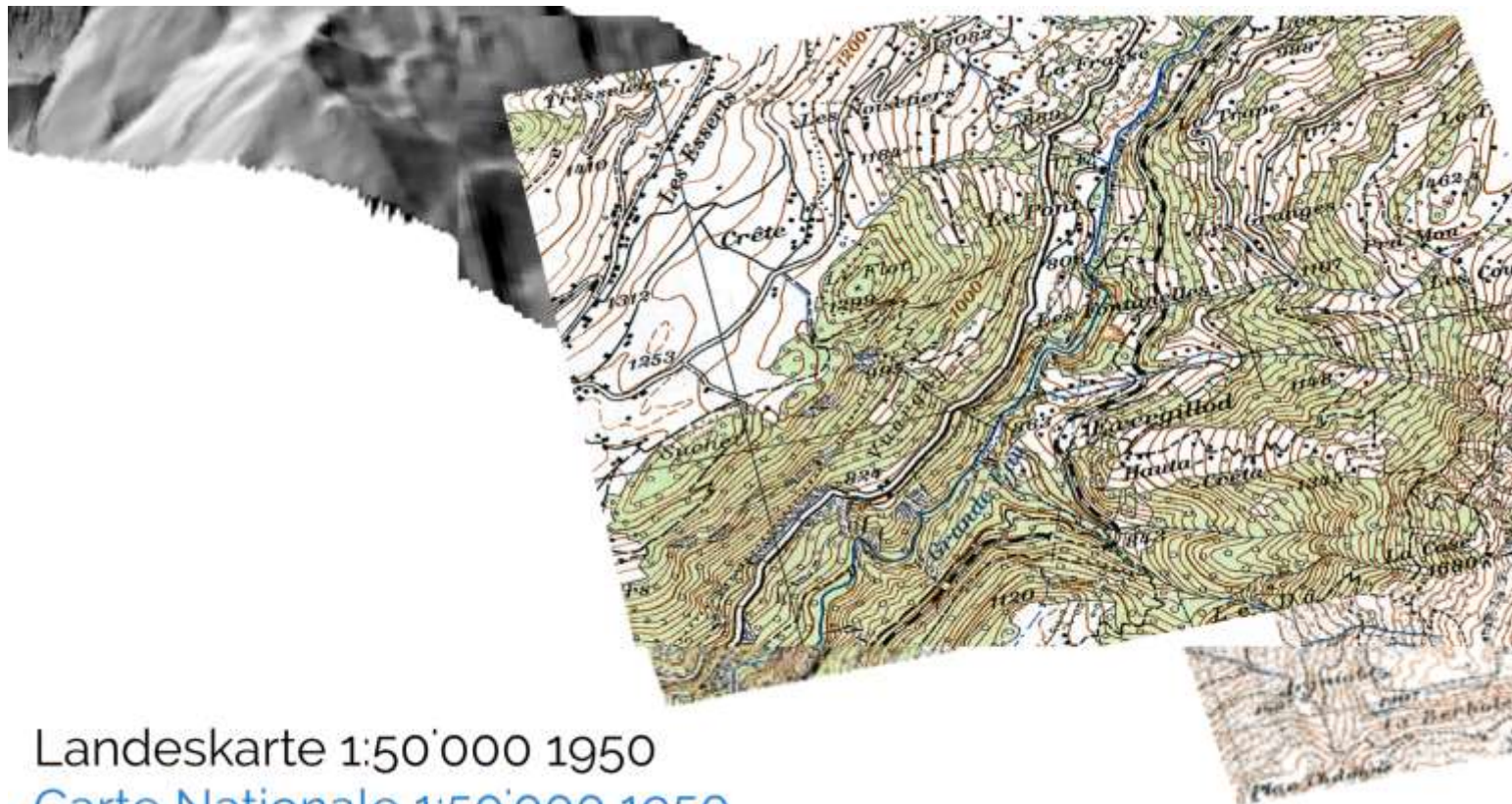
## Messtisch Planchette



## Phototheodolit Photothéodolite



<https://www.swisstopo.admin.ch/fr/swisstopo/manifestations/colloque-detail/colloque-detail.html/swisstopo-internet/events2015/colloquium-18-19-2018-1116.html>



Landeskarte 1:50'000 1950

Carte Nationale 1:50'000 1950



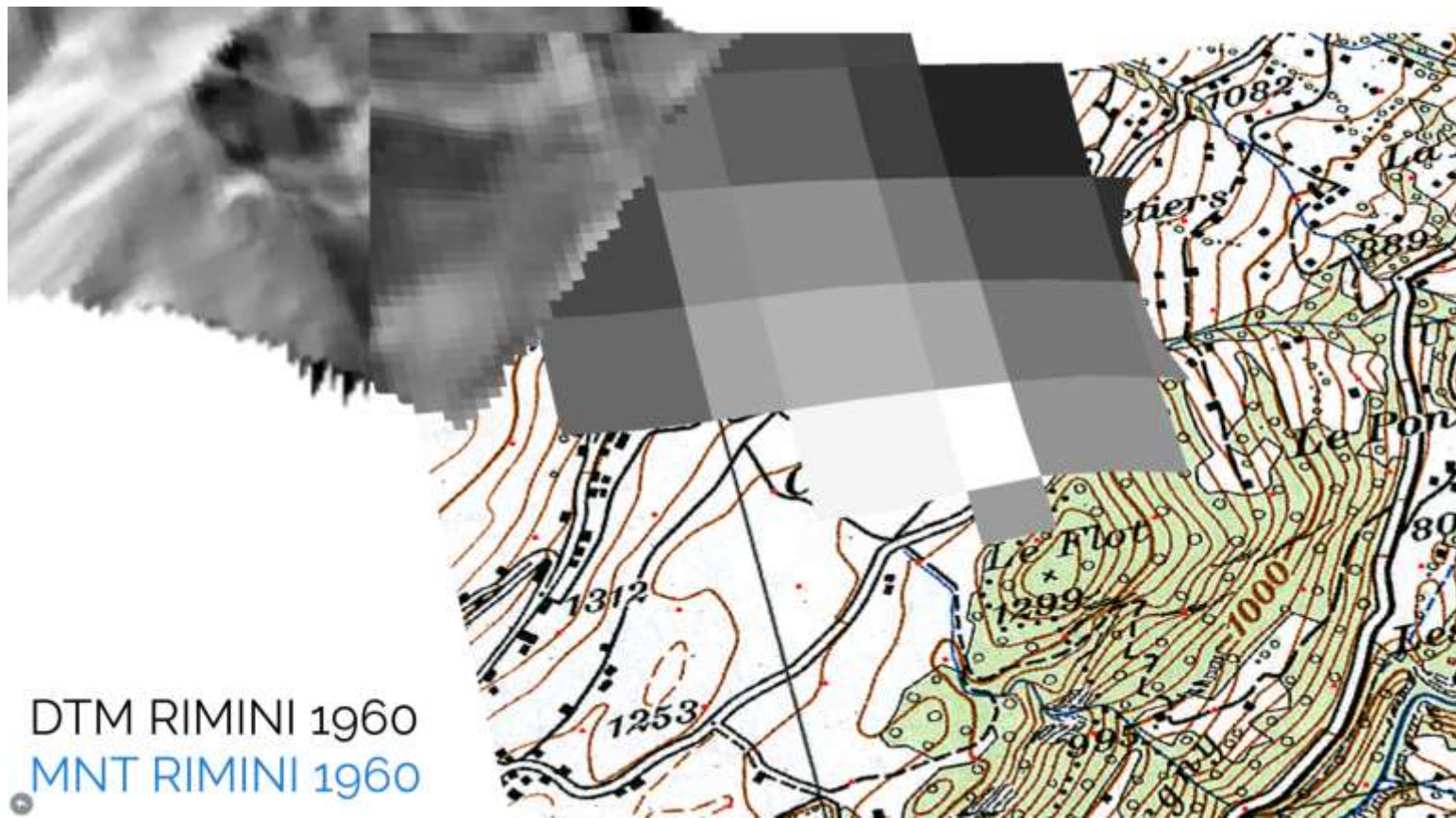
**Beechcraft C-45**



**Stereoautograf  
Wild A7**









# RIMINI RIMINI

**Geltungsdauer**

**Période de validité**

1960 - 1984

**Auflösung (Meter/Pixel ; Punkte/km<sup>2</sup>)**

**Résolution spatiale (mètre/pixel; points/km<sup>2</sup>)**

250 ; 16

**Zeitliche Auflösung (Zyklus im Jahr)**

**Résolution temporelle (Cycle en année)**

Keine Nachführung

**Pas de mise à jour**

**Höhengenaugigkeit (Meter)**

**Précision altimétrique (mètre)**

15-20 (1 $\sigma$ )

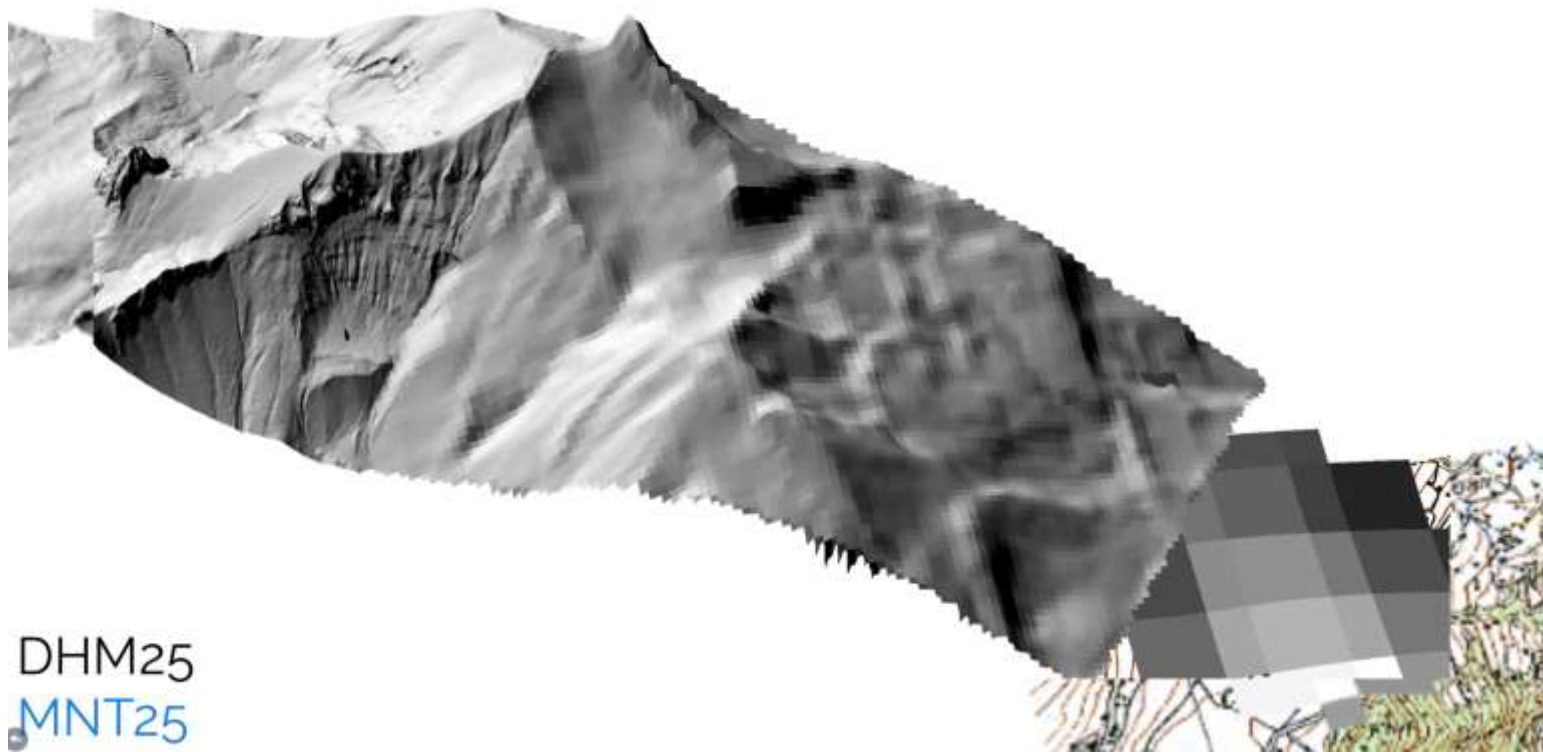
**Erfassungstyp**

**Type de relevé**

Digitalisierung der LK50

**Numérisation de la CN50**





DHM25  
MNT25



# DHM25 MNT25

Landeskarte 1:25'000  
Carte Nationale 1:25'000



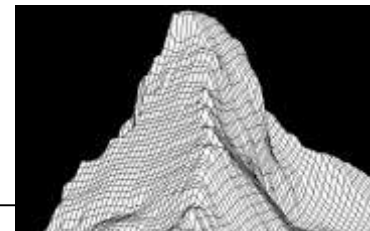
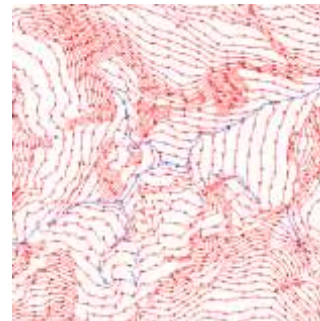
## DHM25 Basis Model / MNT25 Modèle

Digitalisierung: Höhenkurven, See Bruchkante und Tiefe, wichtigste  
Bruchkanten in den Alpen, Höhenknoten

Numérisation: Courbes de niveau, contours et profondeur des lacs,  
lignes de ruptures principales dans les alpes, points côtés



DHM25  
MNT25





# DHM25

## MNT25

**Geltungsdauer**

**Période de validité**

1985 - 1998

**Auflösung (Meter/Pixel ; Punkte/km<sup>2</sup>)**

**Résolution spatiale (mètre/pixel; points/km<sup>2</sup>)**

25 ; 1'600

**Zeitliche Auflösung (Zyklus im Jahr)**

**Résolution temporelle (Cycle en année)**

Keine Nachführung

Pas de mise à jour

**Höhengenaugigkeit (Meter)**

**Précision altimétrique (mètre)**

Tal: 1-3 (1 $\sigma$ ), Gebirge: 5-20 (1 $\sigma$ )

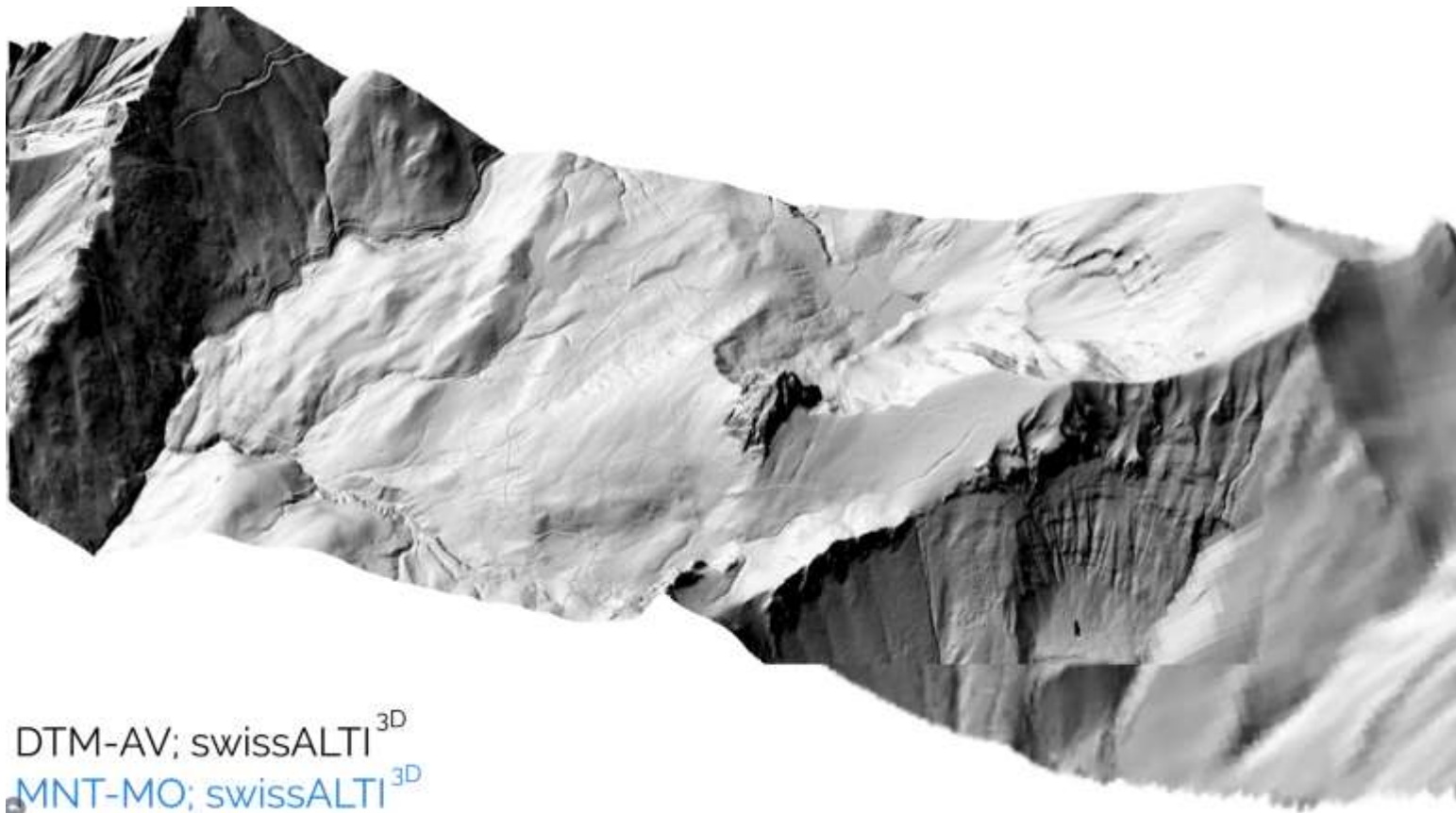
Plaine: 1-3 (1 $\sigma$ ), Montagne: 5-20 (1 $\sigma$ )

**Erfassungstyp**

**Type de relevé**

Digitalisierung der LK25

Numérisation de la CN25



DTM-AV; swissALTI<sup>3D</sup>  
MNT-MO; swissALTI<sup>3D</sup>



# DTM-AV MNT-MO

**Geltungsdauer**

**Période de validité**

1999 - 2007

**Auflösung (Meter/Pixel ; Punkte/km<sup>2</sup>)**

**Résolution spatiale (mètre/pixel; points/km<sup>2</sup>)**

2 ; 250'000

**Zeitliche Auflösung (Zyklus im Jahr)**

**Résolution temporelle (Cycle en année)**

Keine Nachführung

**Pas de mise à jour**

**Höhengenaugigkeit (Meter)**

**Précision altimétrique (mètre)**

Tal: 0.5 (1 $\sigma$ ), Gebirge: 5-20 (1 $\sigma$ )

Plaine: 0.5 (1 $\sigma$ ), Montagne: 5-20 (1 $\sigma$ )

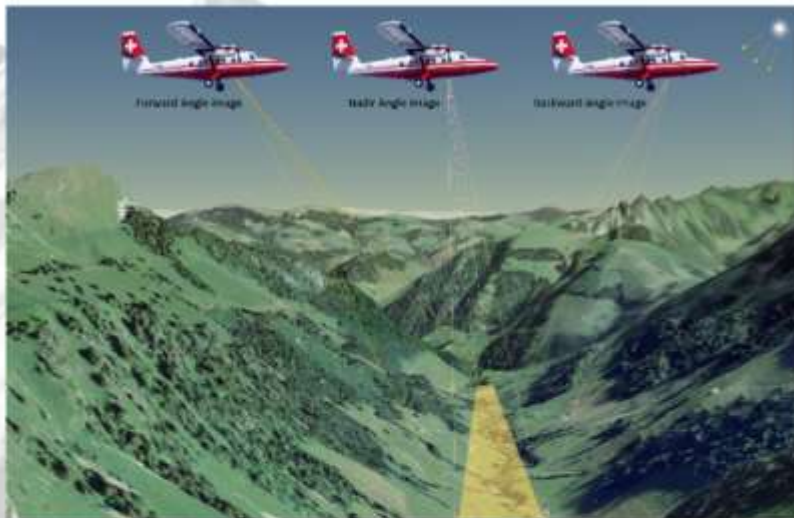
**Erfassungstyp**

**Type de relevé**

LiDAR Erfassung bis 2000 m ü. M.

**Acquisition LiDAR jusque 2000 m**





Luftbild Erfassung mit der ADS Kamera  
Acquisition d'image aérienne avec la caméra ADS

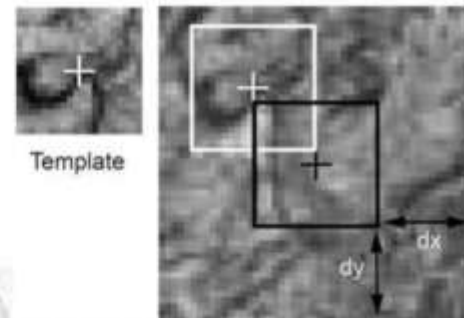


Bild Korrelierung Prinzip  
Principe de la corrélation d'image



Manuelle 3D-Erfassung am Bildschirm  
Restitution 3D manuelle à l'écran



# swissALTI<sup>3D</sup>

## swissALTI<sup>3D</sup>

**Geltungsdauer**

**Période de validité**

Seit 2008

Depuis 2008

**Auflösung (Meter/Pixel ; Punkte/km<sup>2</sup>)**

**Résolution spatiale (mètre/pixel; points/km<sup>2</sup>)**

2 ; 250'000

**Zeitliche Auflösung (Jahr für einen Zyklus)**

**Résolution temporelle (Année pour un Cycle)**

6

**Höhengenaugigkeit (Meter)**

**Précision altimétrique (mètre)**

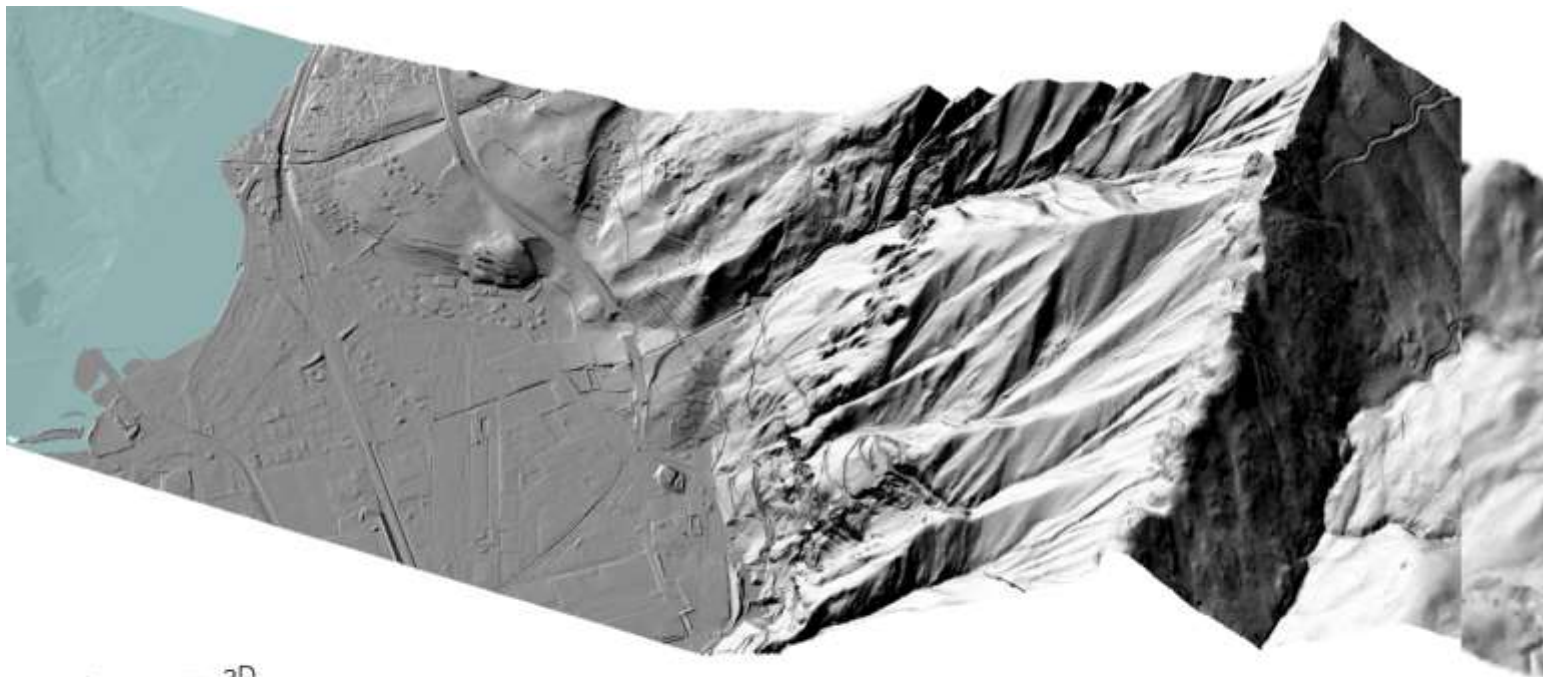
1-3(1 $\sigma$ )

**Erfassungstyp**

**Type de relevé**

Hybrid (LiDAR, Stereo, DIM)

Hybride (LiDAR, Stereo, DIM)



swissALTI<sup>3D</sup>

Nächste Generation  
Prochaine génération



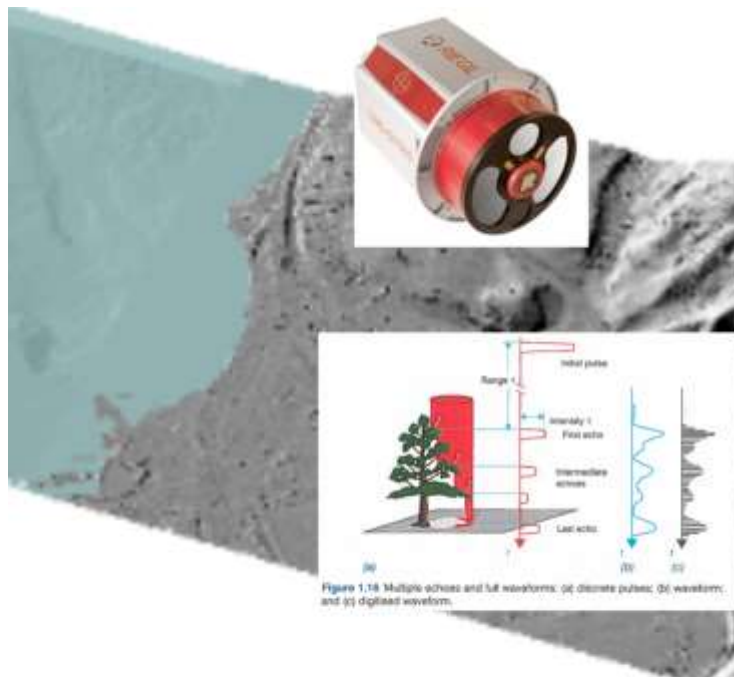


Figure 1.18 Multiple echoes and full waveforms. (a) discrete pulses, (b) waveform, and (c) digitized waveform.

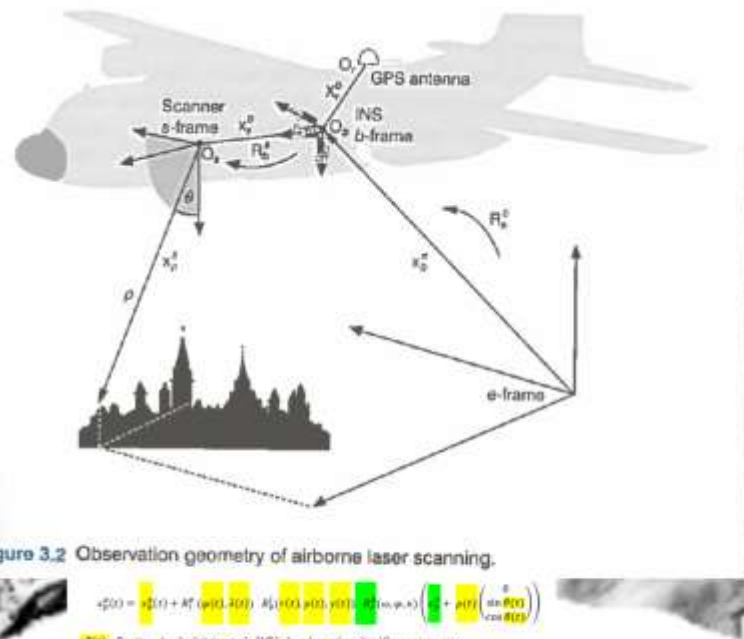


Figure 3.2 Observation geometry of airborne laser scanning.

$$x_p^e(t) = x_p^i(t) + R_p^T(\varphi(t), \theta(t)) \cdot R_p^T(\psi(t), \phi(t)) \cdot R_p^T(\alpha(t), \beta(t)) \cdot \begin{pmatrix} \rho \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + p(t) \begin{pmatrix} \sin \theta(t) \\ \cos \theta(t) \\ 0 \end{pmatrix}$$

$x_p^i(t)$ : Position du "body" (centrale IMU) dans le système de référence terrestre.

$p(t)$ : Distance mesurée entre le scanner et l'objet d'intérêt (ici le point p).

$\theta(t)$ : Angle du scanner lors de l'acquisition.

$R_p^T(\alpha(t), \beta(t))$ : roll, pitch, yaw, angle de l'instrument/l'origine sur la centrale inertielle.

$\varphi(t), \theta(t)$ : latitude, longitude mesurée par le GPS.

$R_p^T$ : le vecteur de rotation - translation entre le scanner et la centrale inertielle.

$R_p^T$ : Bone-sight Matrix  $\alpha$ . Matrice de l'alignement entre la centrale inertielle et le scanner.

$x_p^i(t)$ : Position du point d'intérêt p sur la Terre.

Bilder von: Illustrations tirées de "Airborne and terrestrial laser scanning" Georges Vosselman

# Topographisches LiDAR

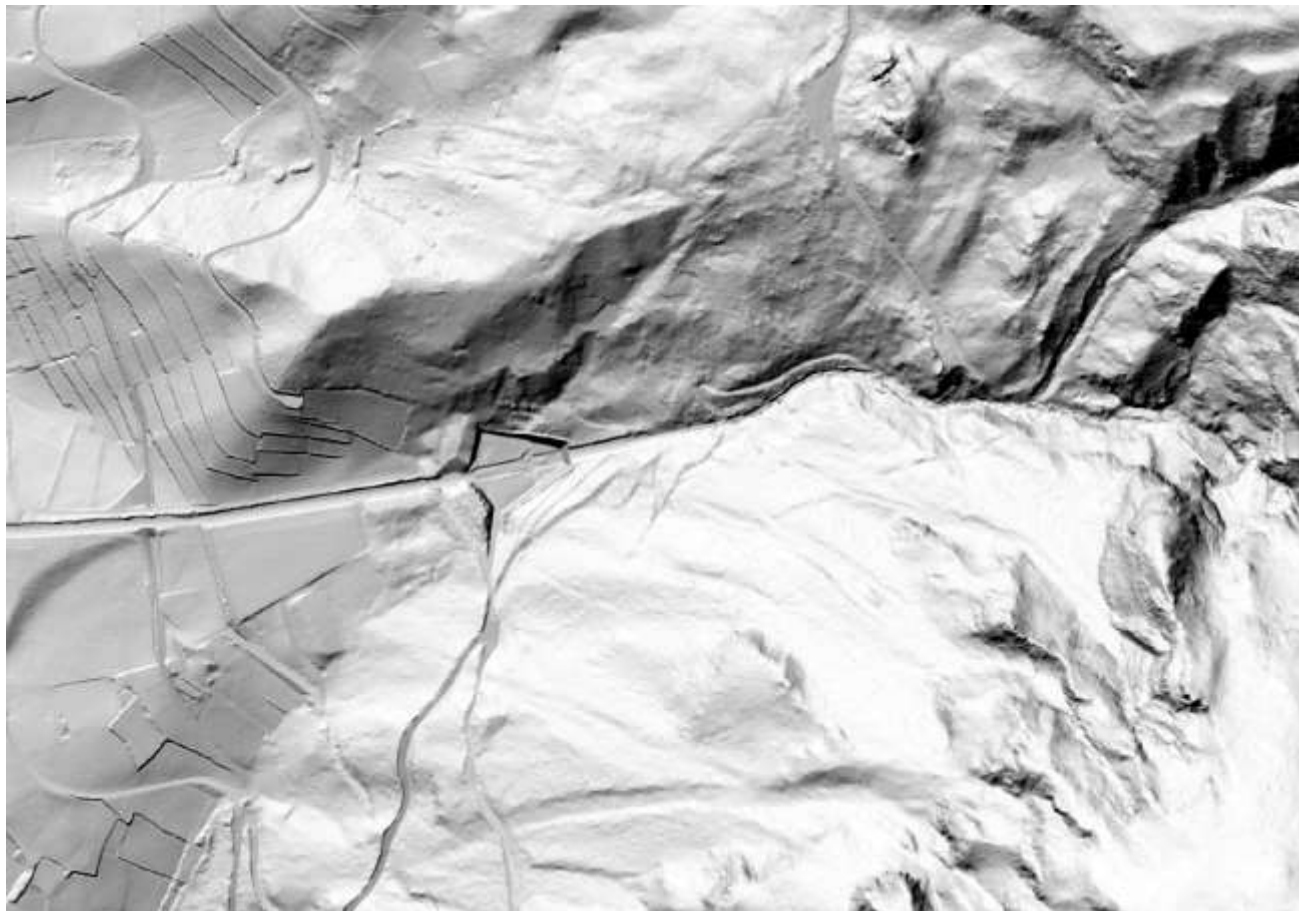
## LiDAR topographique

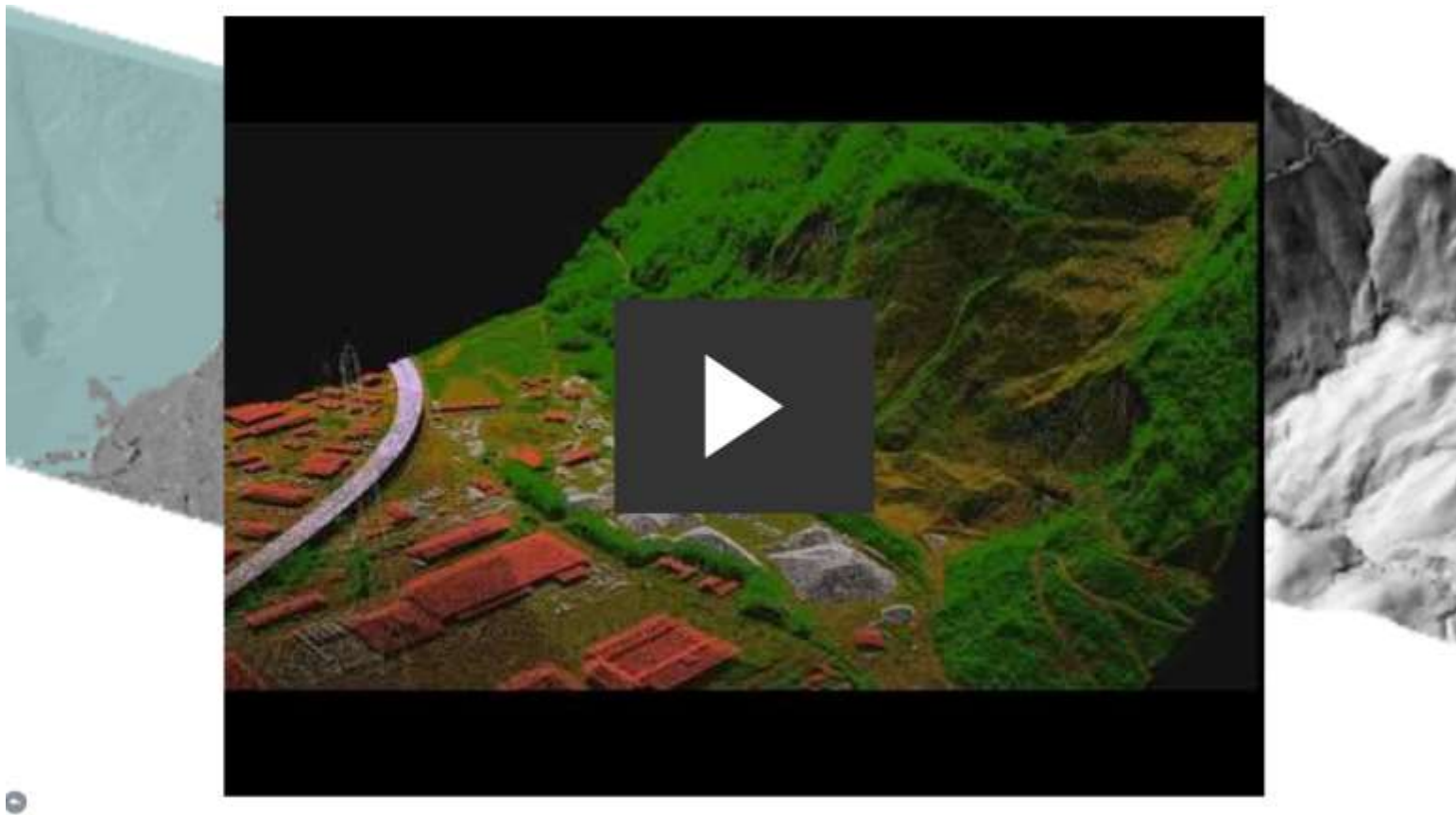
Office fédéral de topographie swisstopo  
Images et modèles altimétriques

7 décembre 2018









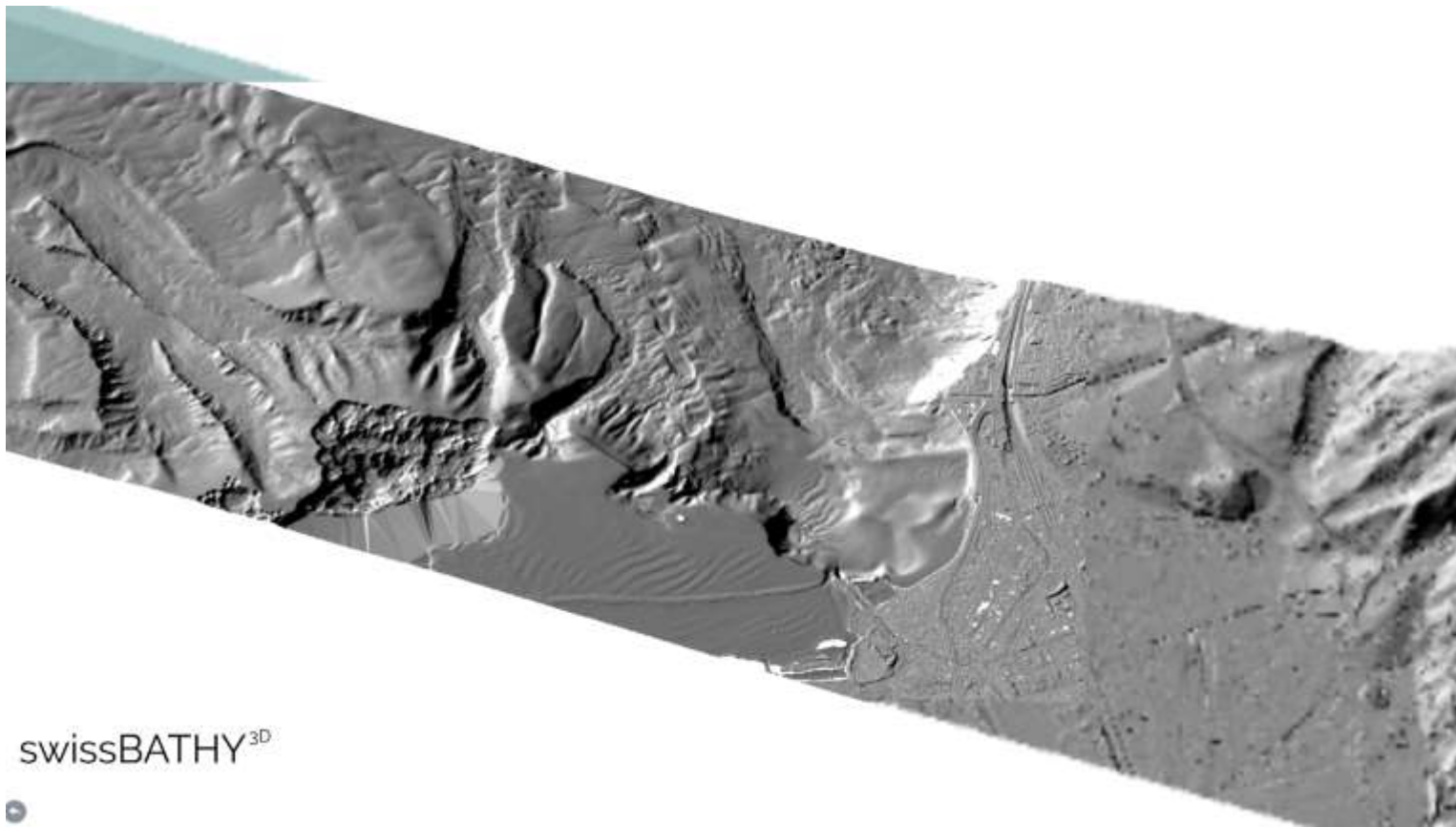


# swissALTI<sup>3D</sup>

## swissALTI<sup>3D</sup>

<b>Geltungsdauer</b> <b>Période de validité</b>	Voraussichtlich ab 2019 Prévu à partir de 2019
<b>Auflösung (Meter/Pixel ; Punkte/km<sup>2</sup>)</b> <b>Résolution spatiale (mètre/pixel; points/km<sup>2</sup>)</b>	0.5 ; 4'000'000
<b>Zeitliche Auflösung (Jahr für einen Zyklus)</b> <b>Résolution temporelle (Année pour un Cycle)</b>	6
<b>Höhengenaugigkeit (Meter)</b> <b>Précision altimétrique (mètre)</b>	0.3 (1 $\sigma$ )
<b>Erfassungstyp</b> <b>Type de relevé</b>	Hybrid (LiDAR, Stereo, DIM) Hybride (LiDAR, Stereo, DIM)

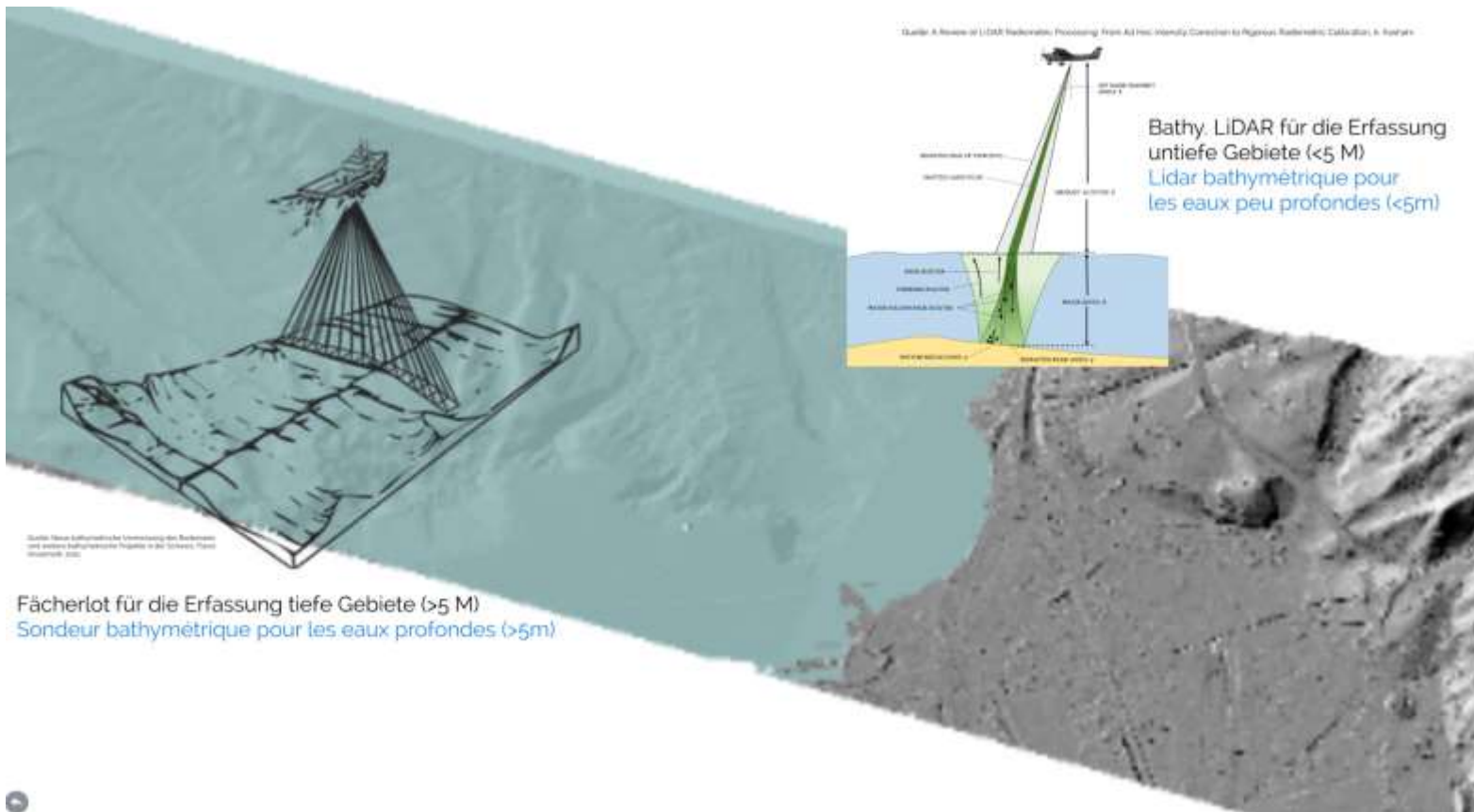




swissBATHY<sup>3D</sup>









# swissBATHY<sup>3D</sup>

## swissBATHY<sup>3D</sup>

<b>Geltungsdauer</b> <b>Période de validité</b>	Seit 2018 Depuis 2018
<b>Auflösung (Meter/Pixel ; Punkte/km<sup>2</sup>)</b> <b>Résolution spatiale (mètre/pixel; points/km<sup>2</sup>)</b>	1-2 ; 1'000'000-250'000
<b>Zeitliche Auflösung (Jahr für einen Zyklus)</b> <b>Résolution temporelle (Année pour un Cycle)</b>	Keine Nachführung Pas de mise à jour
<b>Höhengenaugigkeit (Meter)</b> <b>Précision altimétrique (mètre)</b>	Unterschiedlich je See Variable selon lac
<b>Erfassungstyp</b> <b>Type de relevé</b>	Hybrid (Bathymetrisches LiDAR, Fächerlot) Hybride (LiDAR et sondeur bathymétriques)



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Landestopografie swisstopo  
Technik und Innovation

wissen wohin  
savoir où  
sapere dove  
knowing where

# Automatische Höhenkurvenableitung

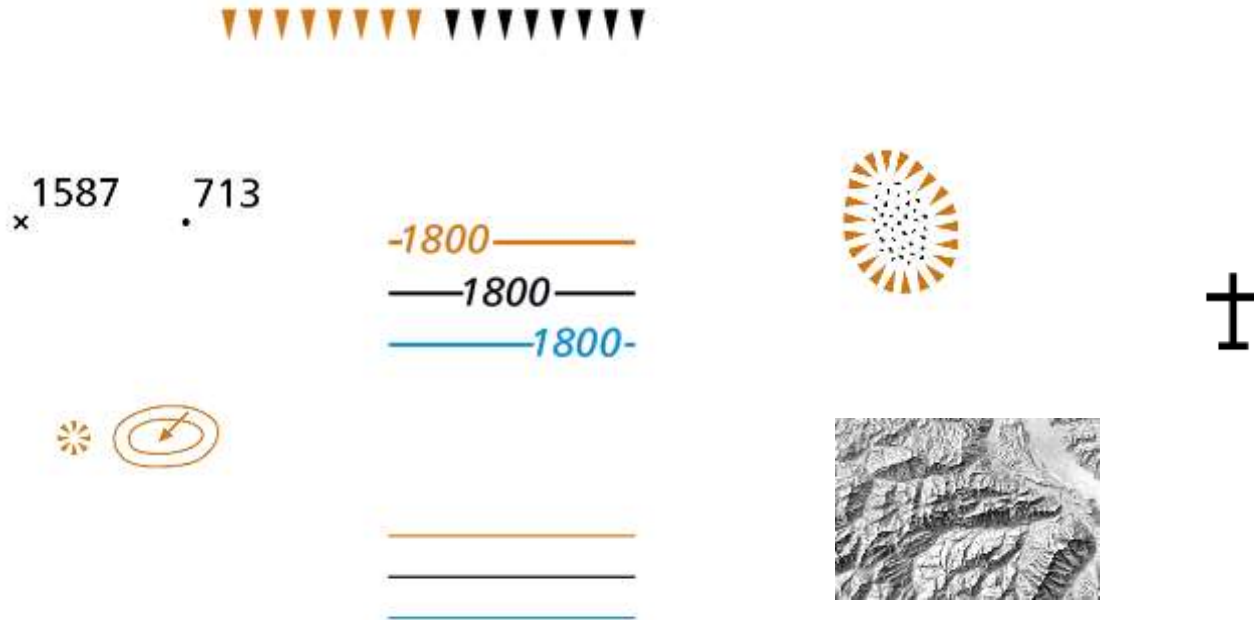
7. Dezember 2018

Roman Geisthövel



# Höhen- und Tiefendarstellungen

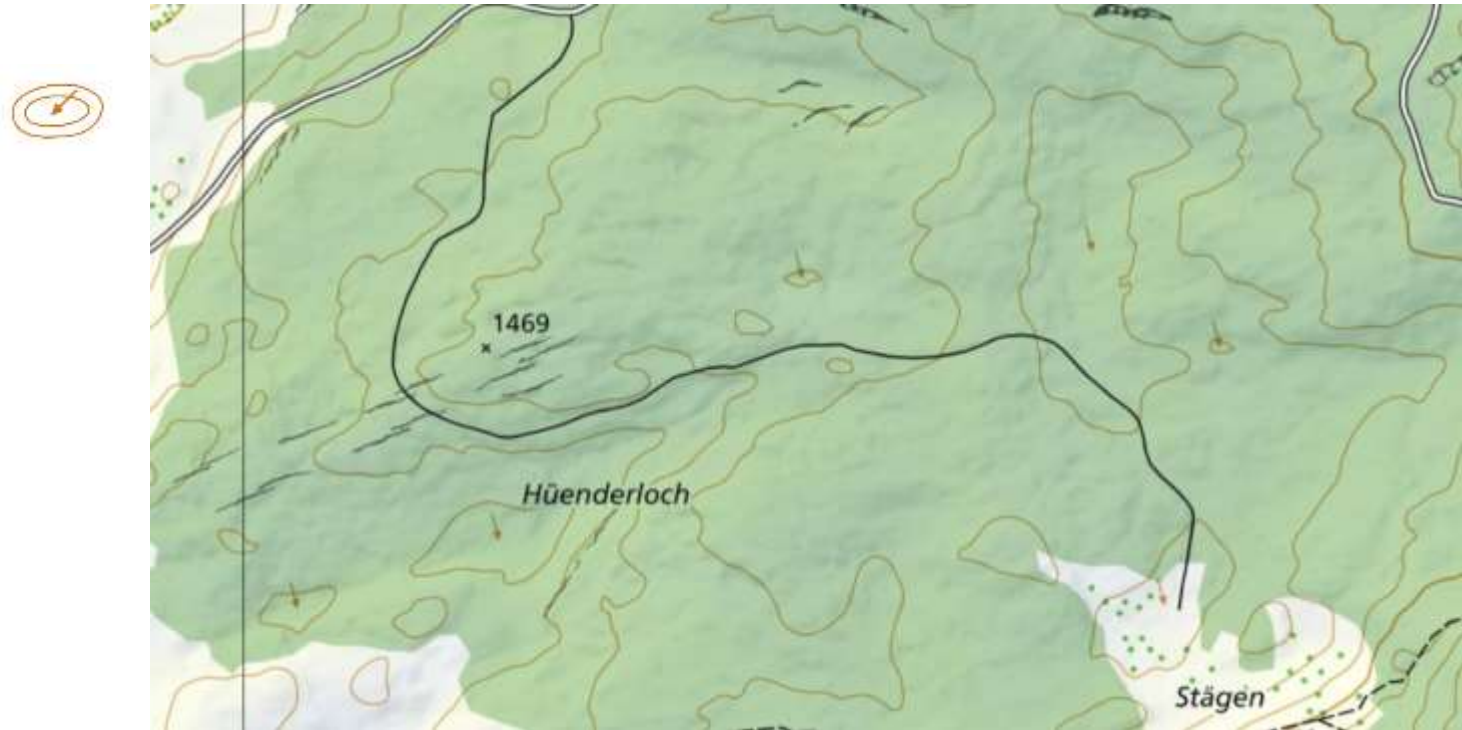
Représentations de hauteur et de profondeur





# Senke

Dépression





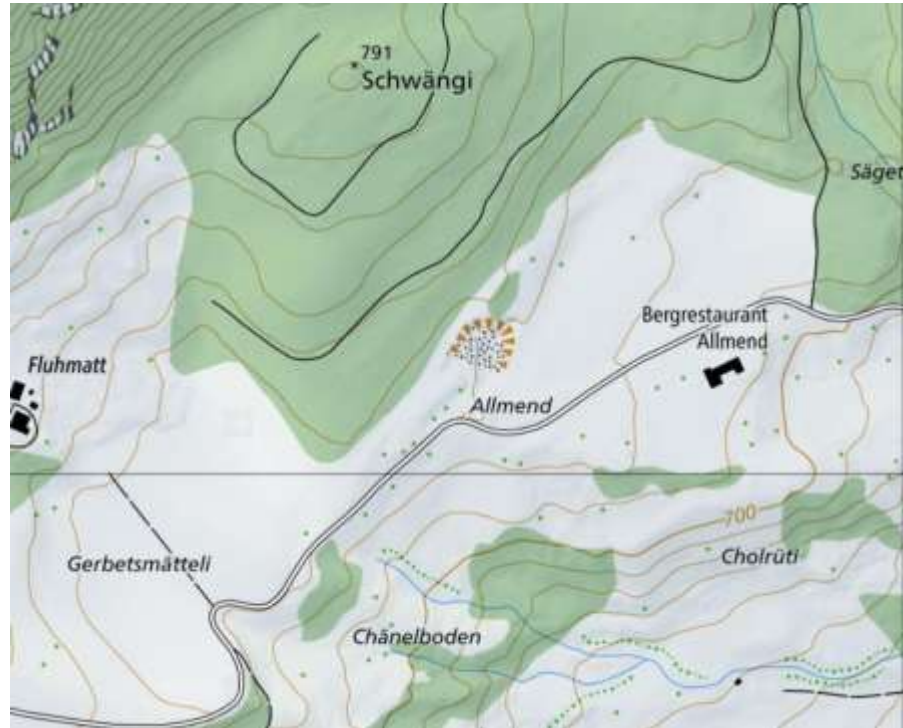


# Doline



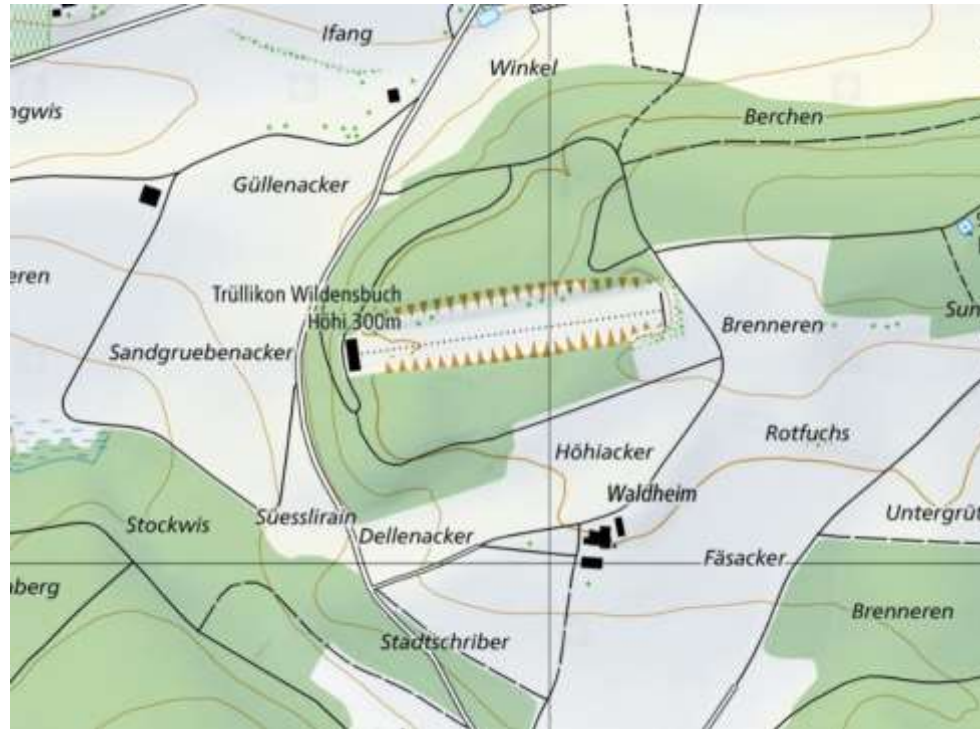


# Kiesgrube





# Böschung

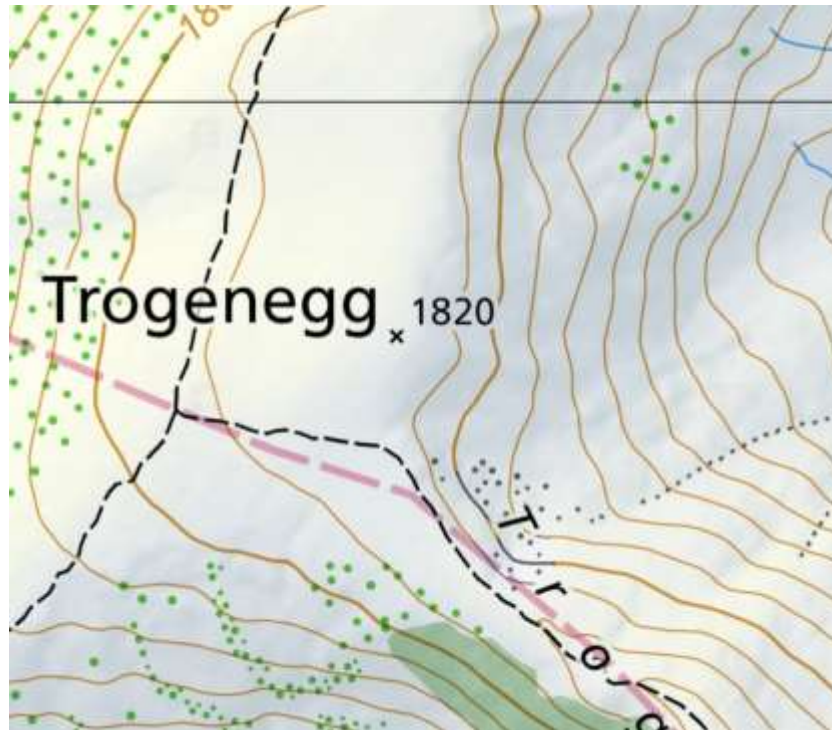




# Höhenkote

Hauteur du point

x





# Gipfelkreuz

Croix sommitale







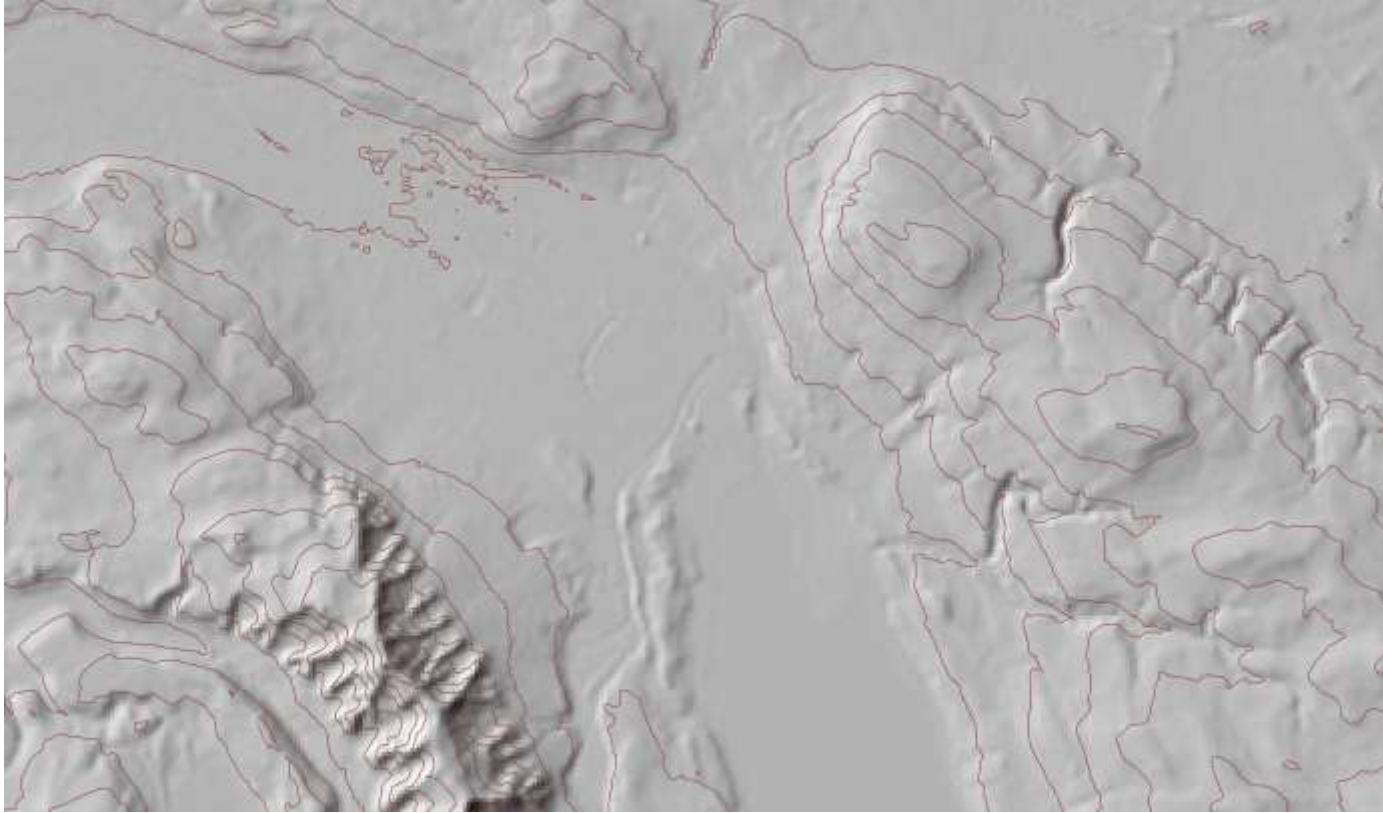
Relief  
1:50'000







# Generalisierung ? Généralisation ?





# Massstabsabhängige Generalisierung

Généralisation dépendante  
de l'échelle

Echelle

Grille raster

Largeur de maille

Equidistance

Courbes de niveau

Equidistance

Courbes maîtresses

Masstab	Höhenraster Zellgrösse [m]	Äquidistanz Normalkurven [m]	Äquidistanz Zählkurven [m]
1:10'000	5	10	100
1:25'000	10	20 Alpen / 10 Jura, Mittelland	
1:50'000	20	20	
1:100'000	40	50	200

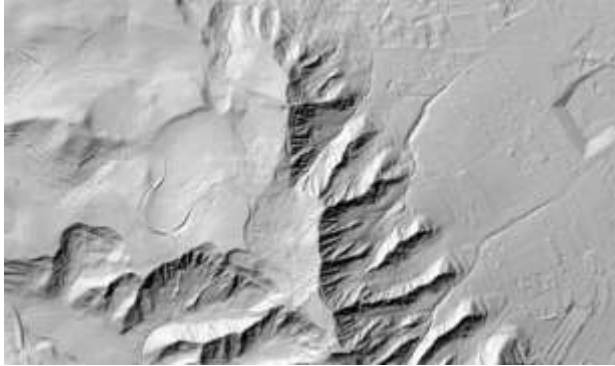




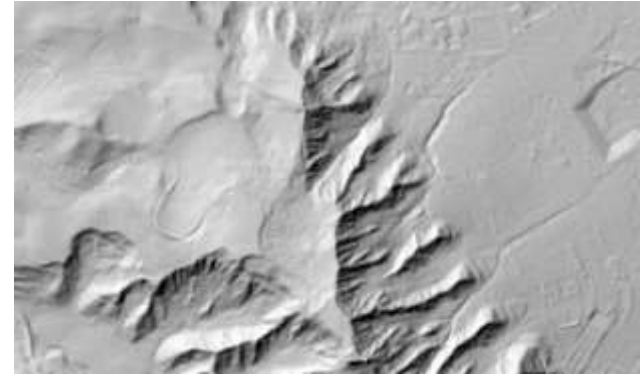
# Höhenraster, Zellengrösse

Grille raster, largeur  
de maille

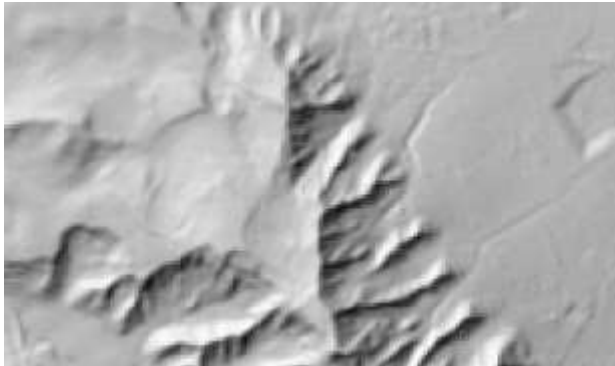
5m



10 m



20 m



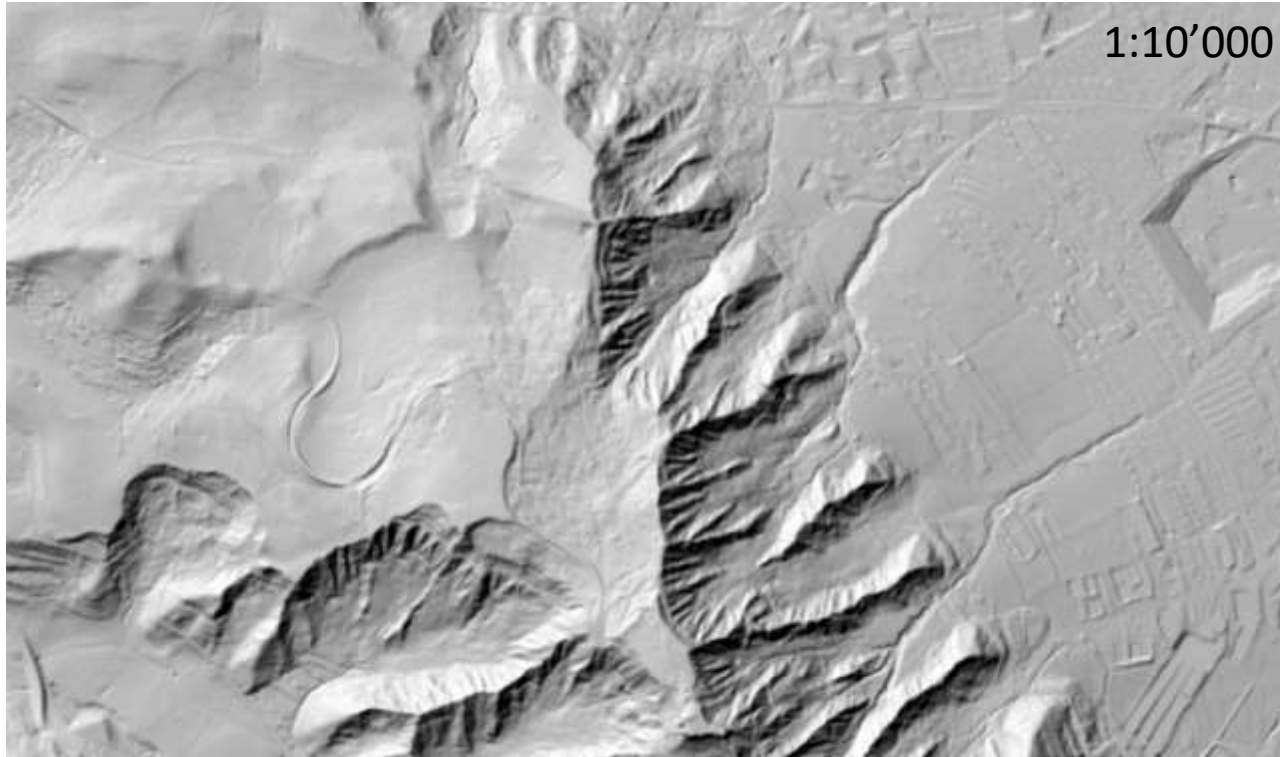
40 m



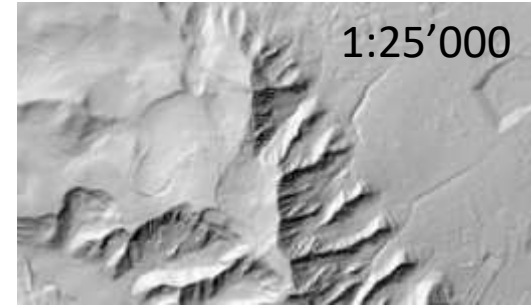




# Höhenraster, Massstäbe



1:10'000



1:25'000



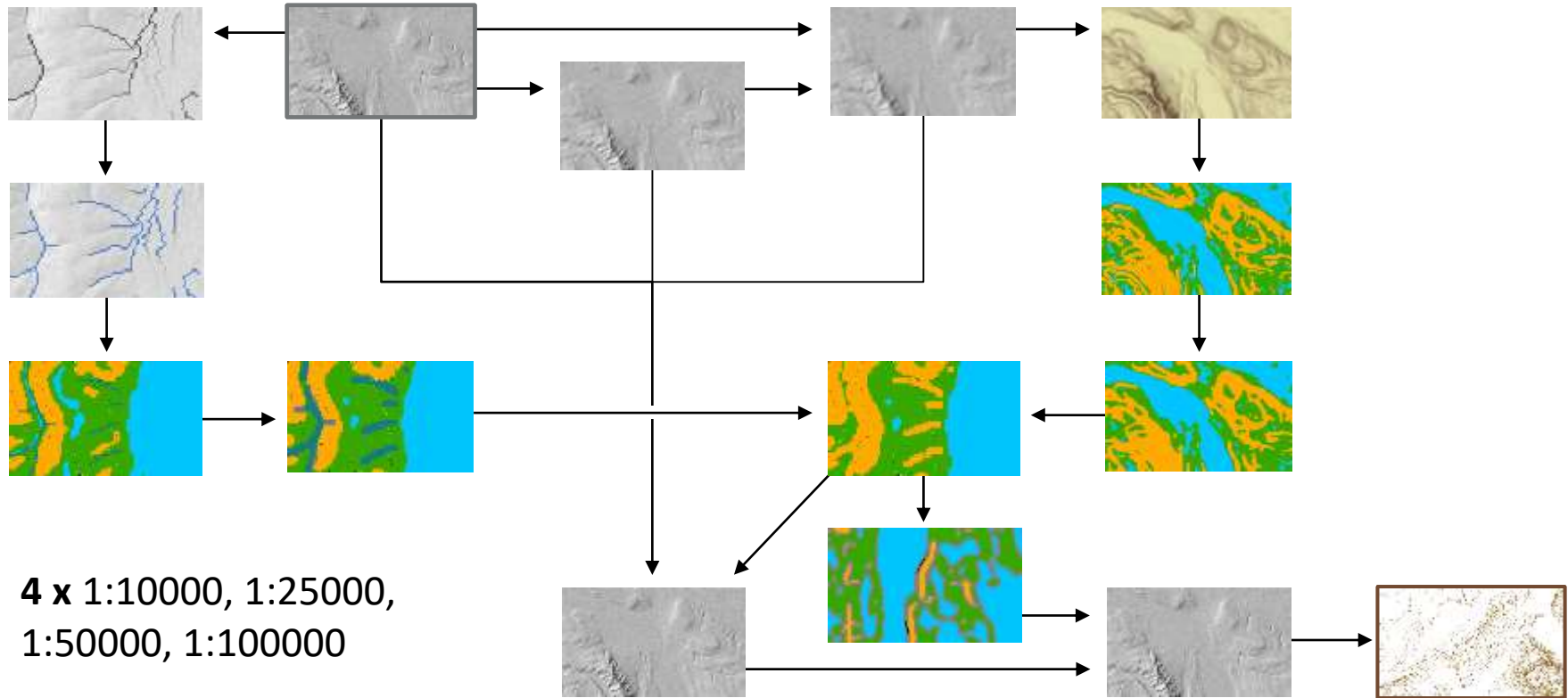
1:50'000



1:100'000

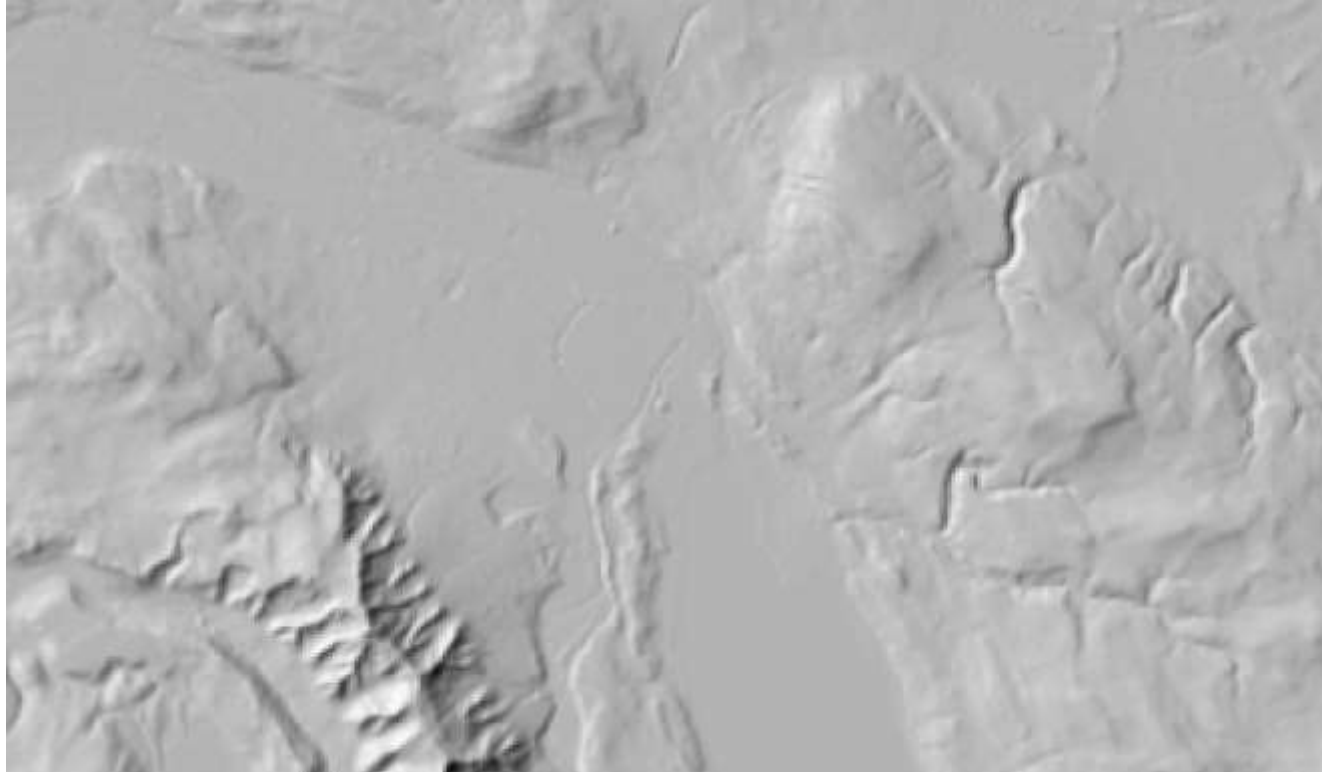


# Workflow





# Höhenraster: Original





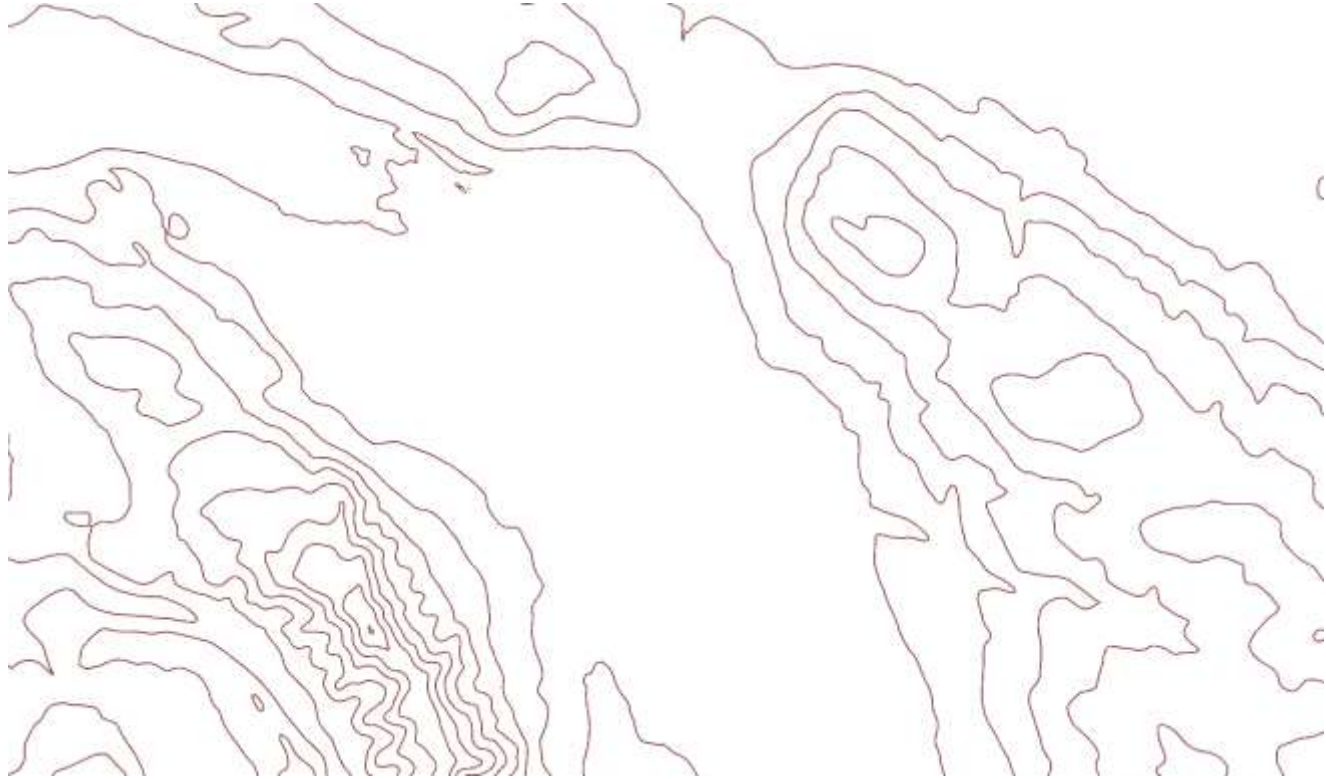
# Höhenlinien: Original

Courbes de niveau





# Höhenlinien: moderat generalisiert

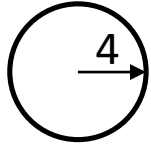






# Höhenraster: stark geglättet

Grille raster: fort lissage



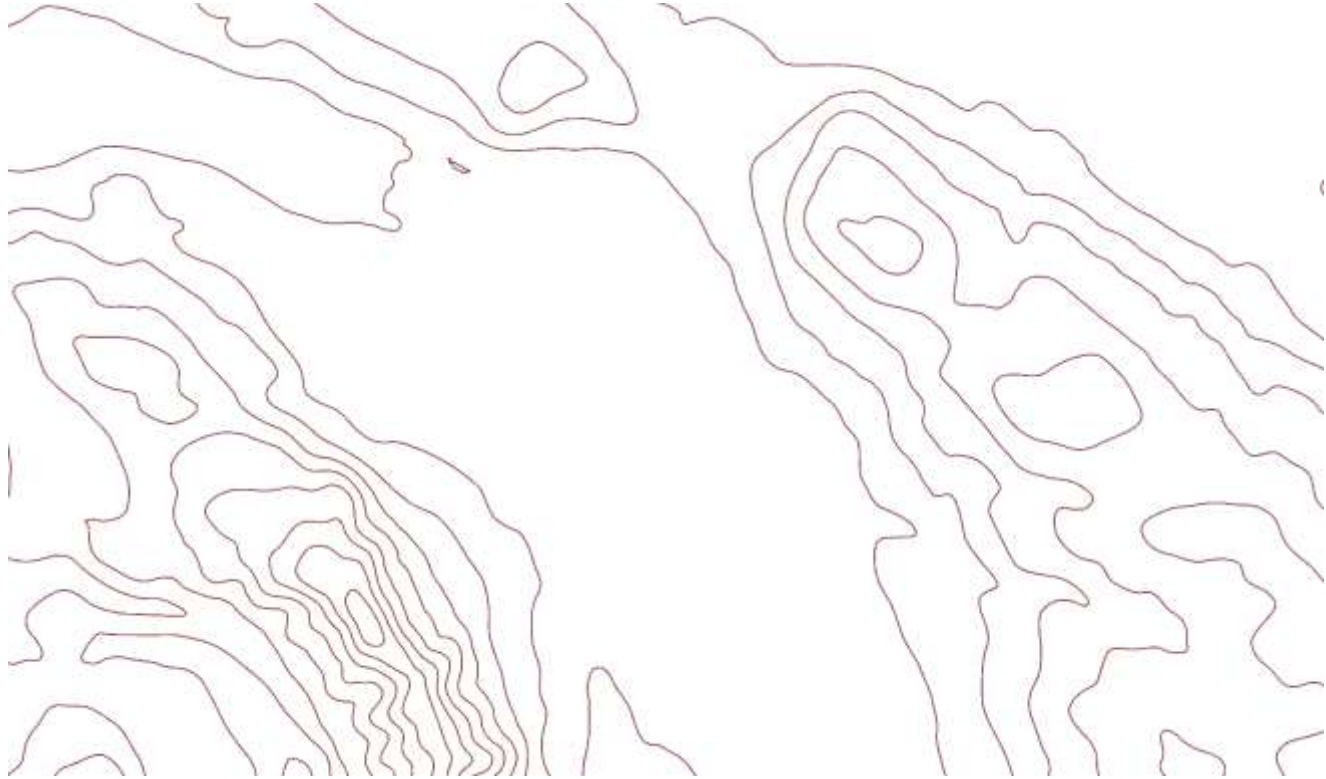
Mittel-  
wert

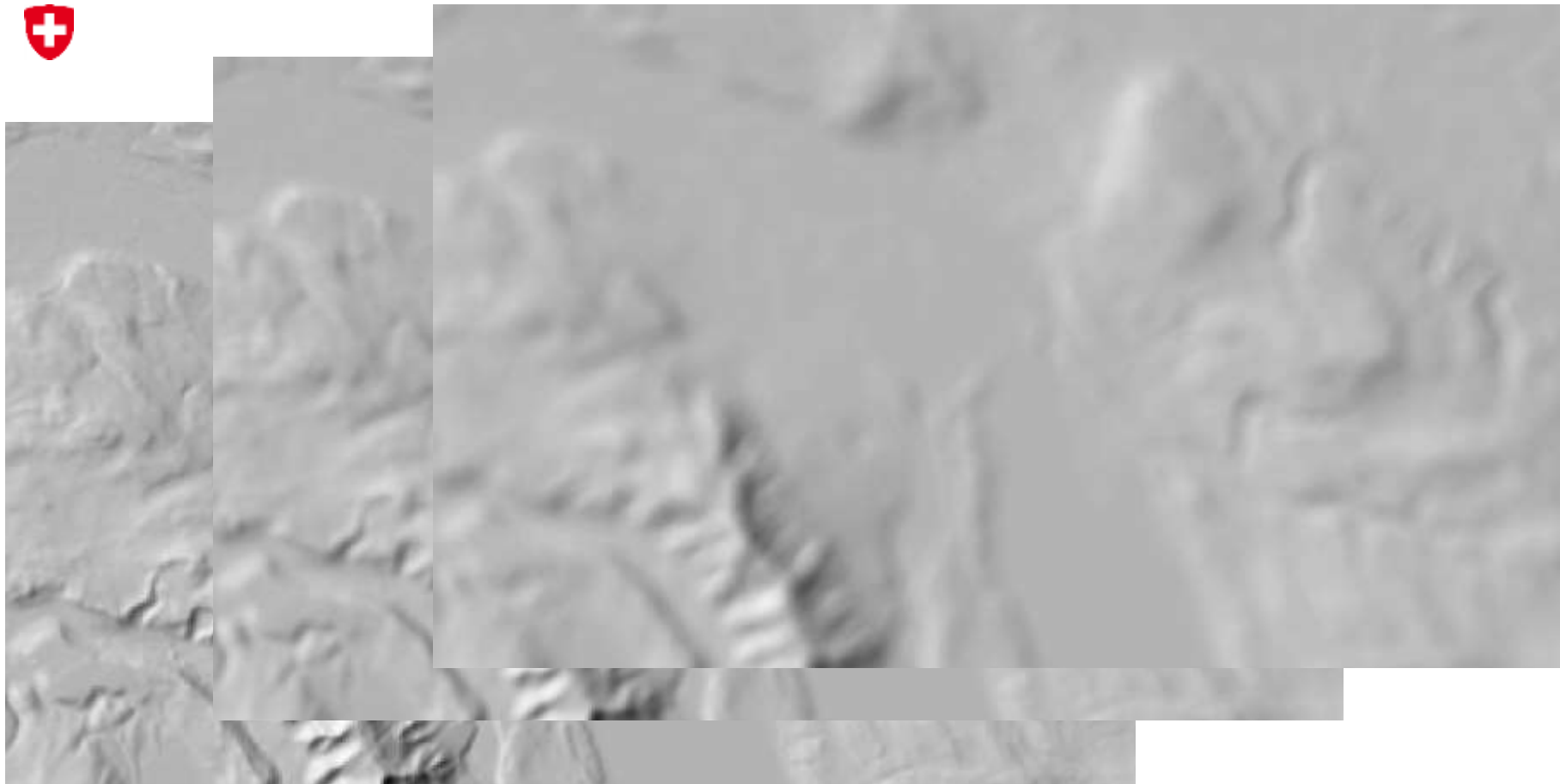
Valeur  
moyenne





# Höhenlinien: stark generalisiert







# Kombination ?

Combinaison ?



# Neigungszonen

Zellen des Höhenrasters werden anhand ihres Neigungswerts in drei Zonen eingeteilt

Le modèle d'élévation est divisé en trois zones, en fonction des valeurs de pente



Pente

**Neigung**

> 10 %

3 – 10 %

< 3 %

Généralisation

**Generalisierung**

keine *aucune*

moderat *modéré*

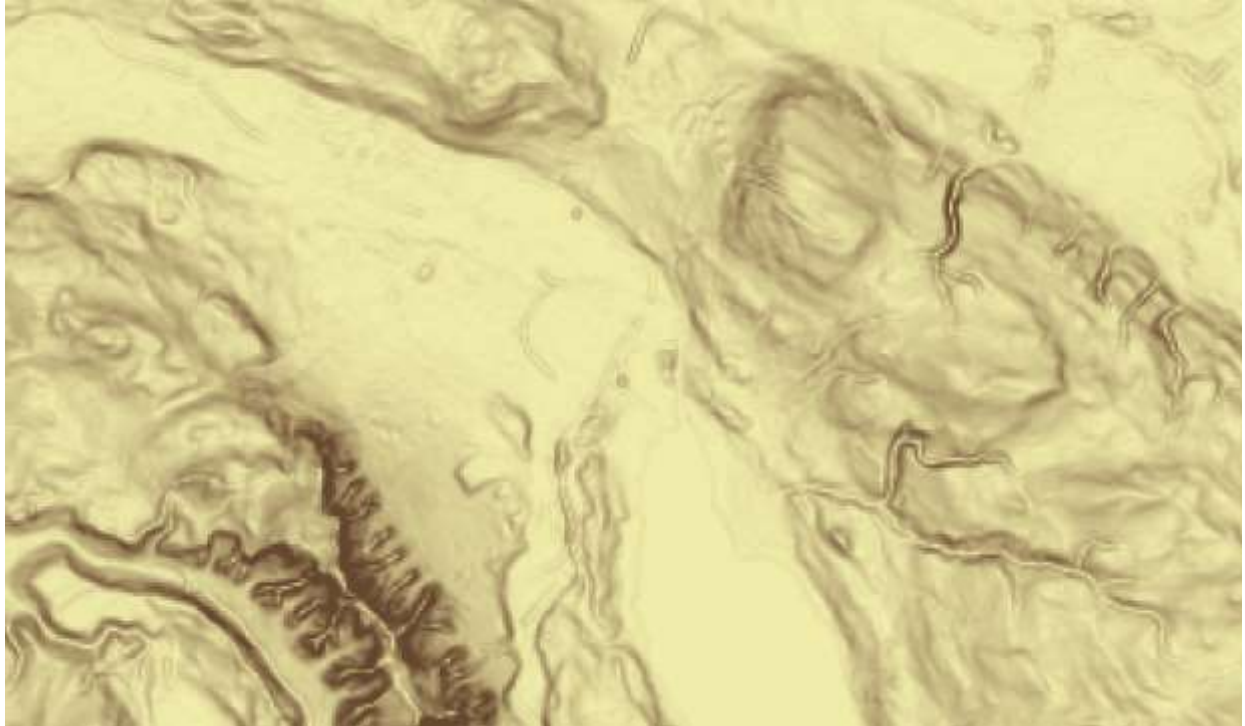
stark *forte*





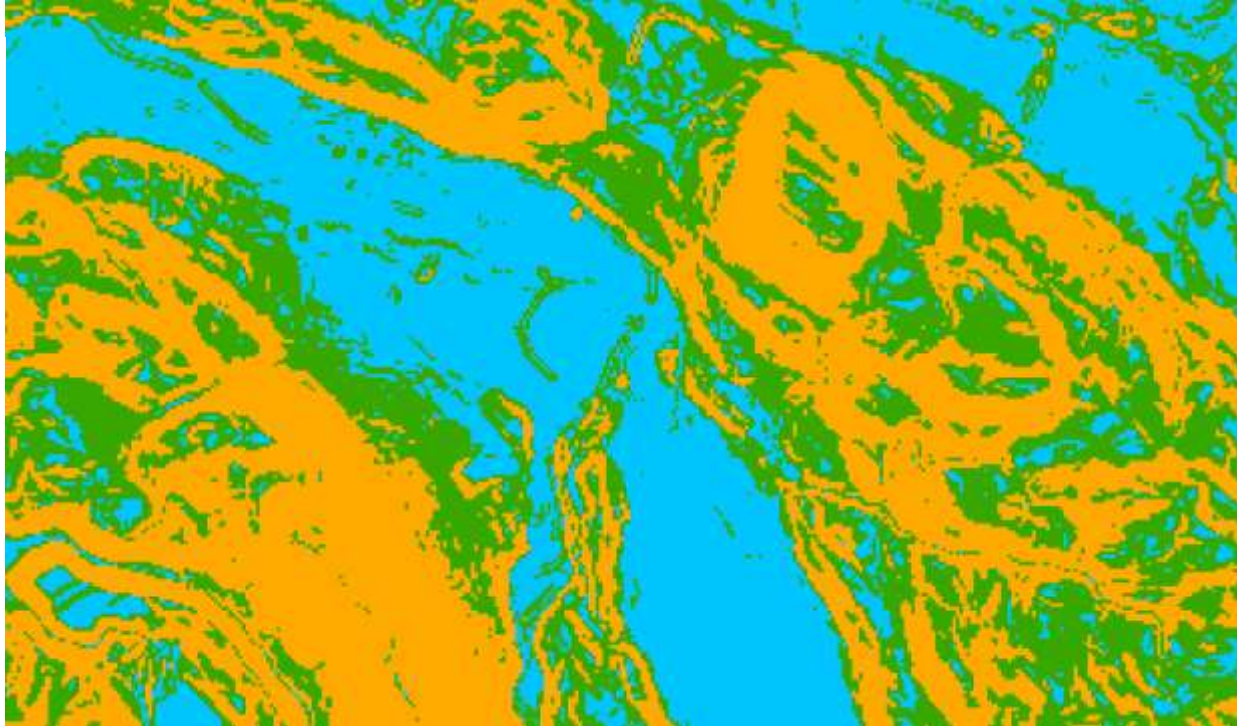
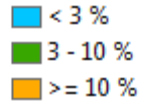
# Neigungszonen: Konstruktion

Zones de pente: construction





# Zonen: Konstruktion





# Zonen: Ableitung vom stark generalisierten Höhenmodell




Zones: dérivé d'une grille raster fortement généralisée





# Neigungszonen: Klassifikation

Zones de pente: classification


-  < 3 %
-  3 - 10 %
-  ≥ 10 %

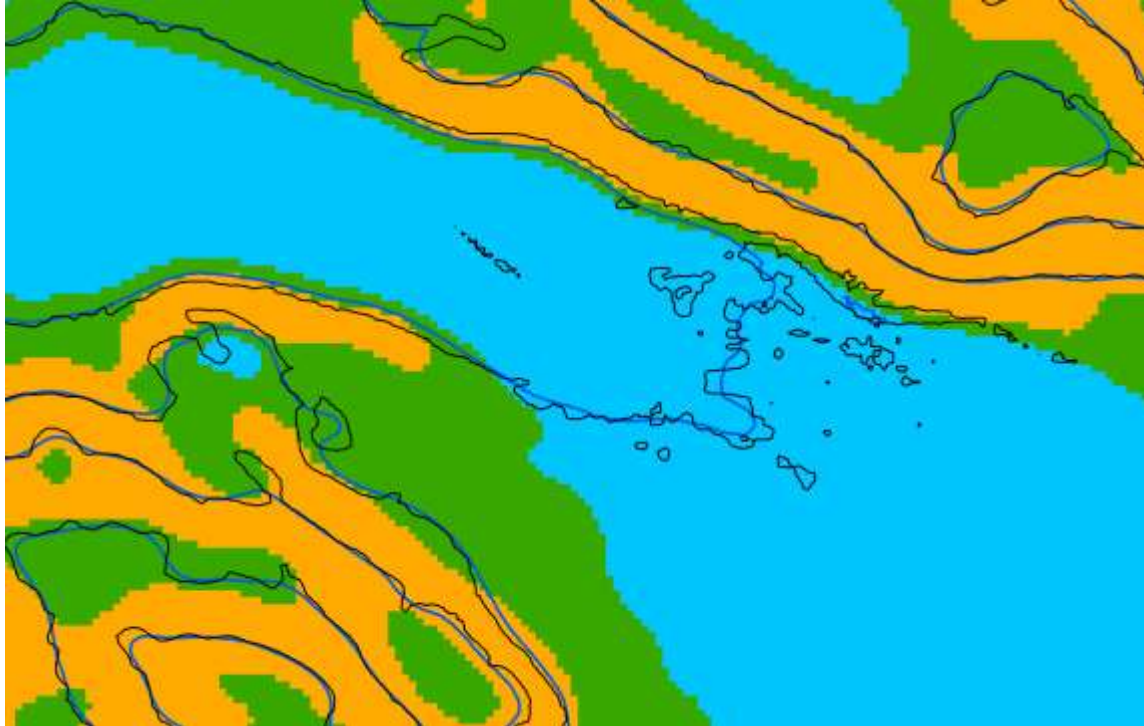




# Höhenkurven im Flachen

Courbes de niveau en surface plane


 < 3 %

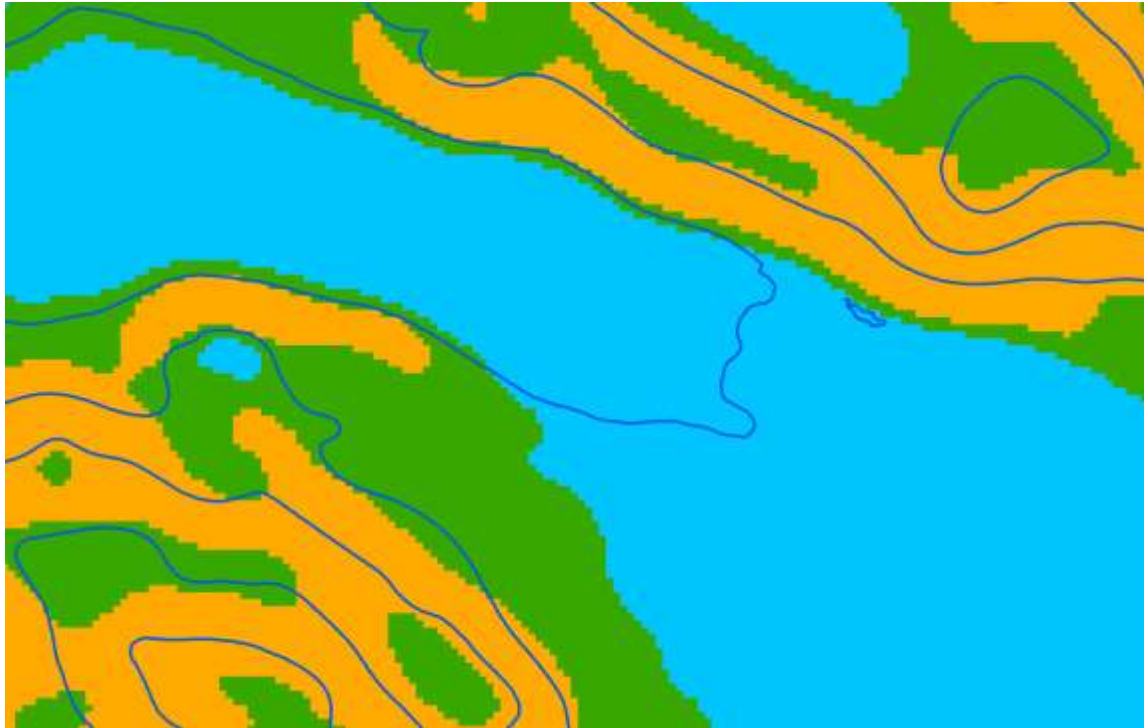






# Höhenkurven im Flachen

 < 3 %





# Höhenkurven bei moderater Neigung

Courbes de niveau en pente modérée



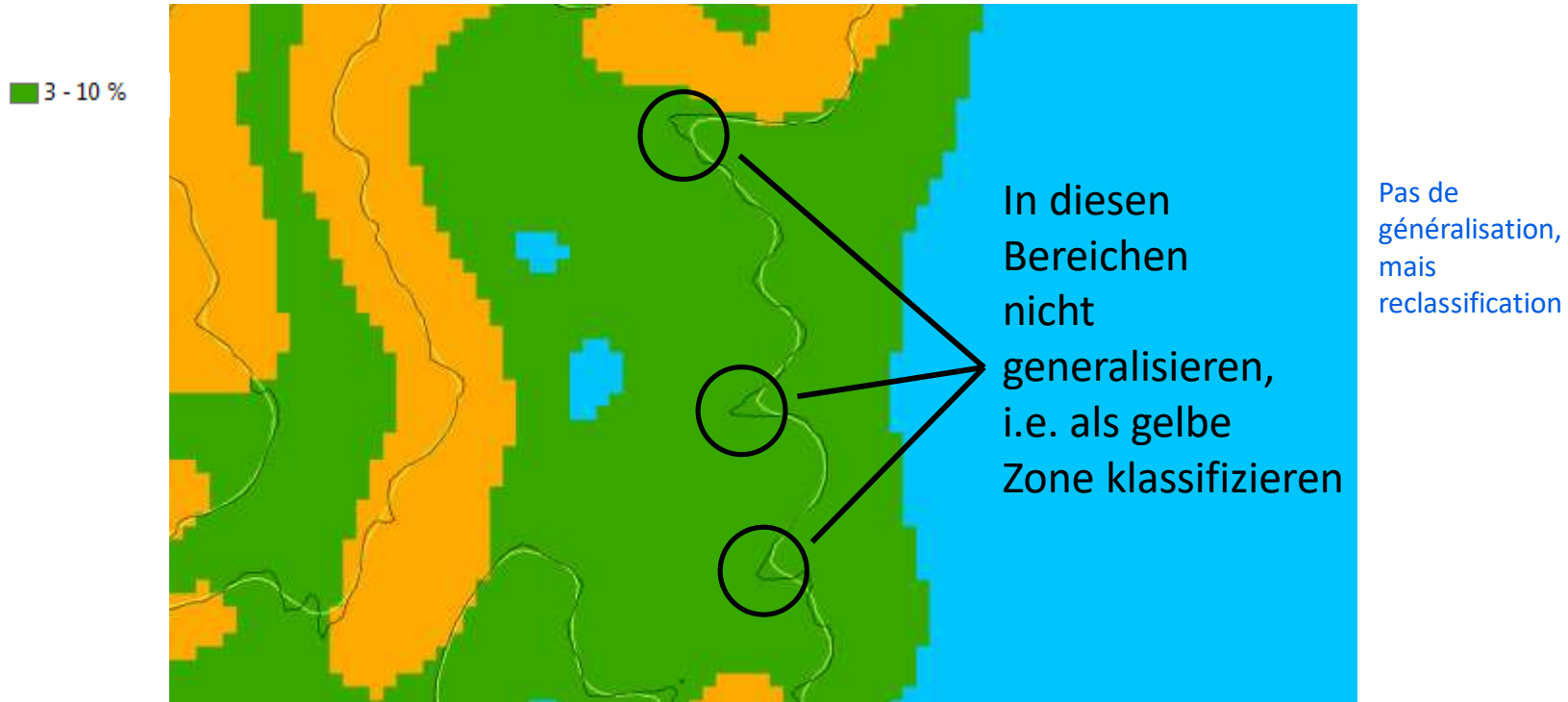


# Höhenkurven bei moderater Neigung





# Höhenkurven bei moderater Neigung





# Rinnen

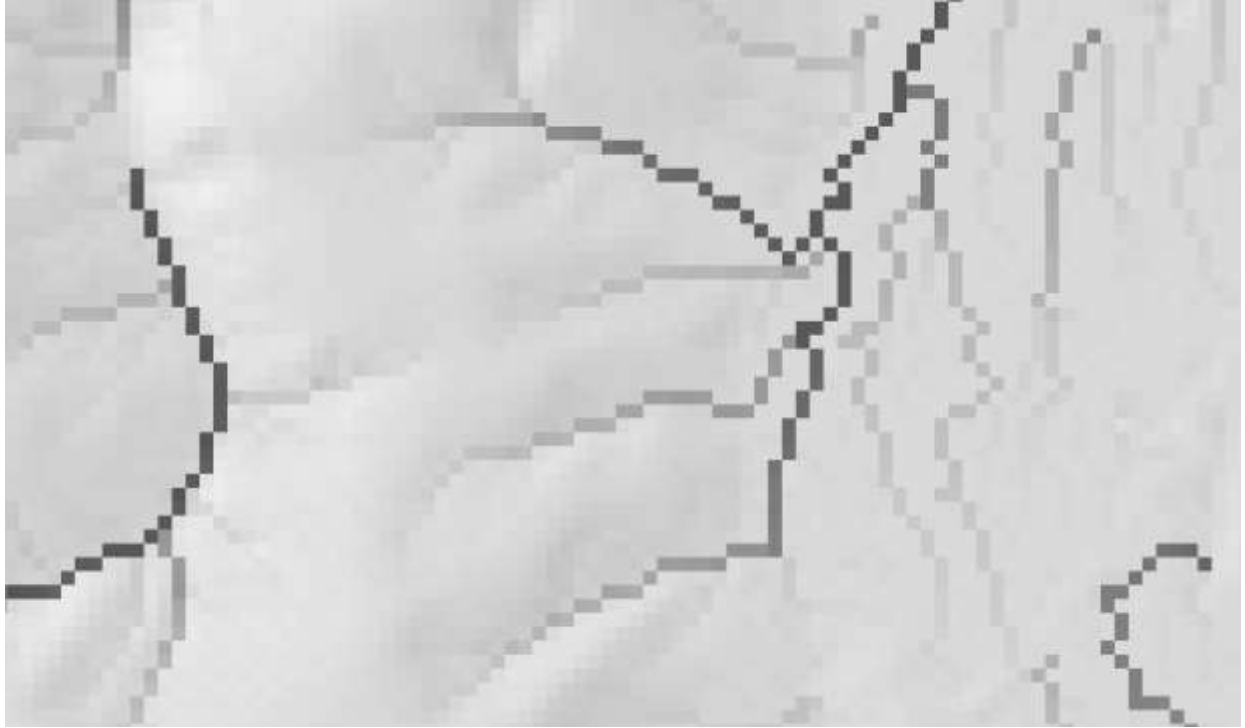
Ravins







# Rinnen





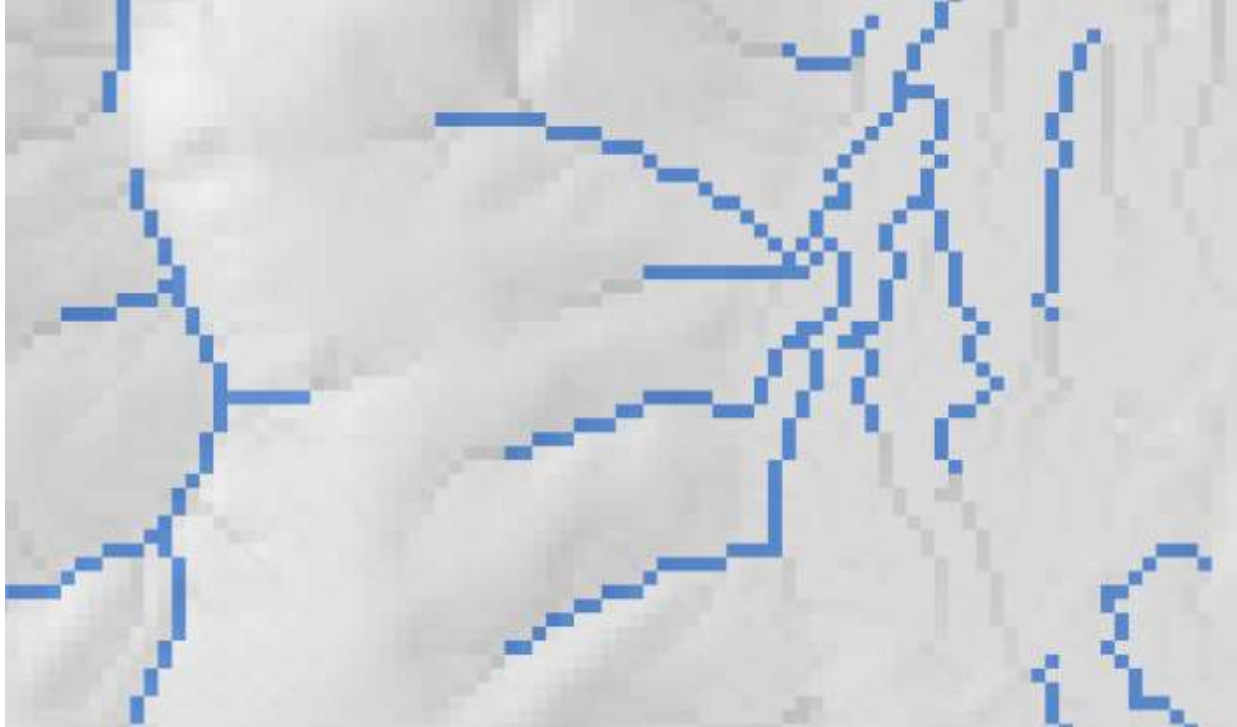
# Rinnen





# Rinnen: mit Schwellenwert filtern

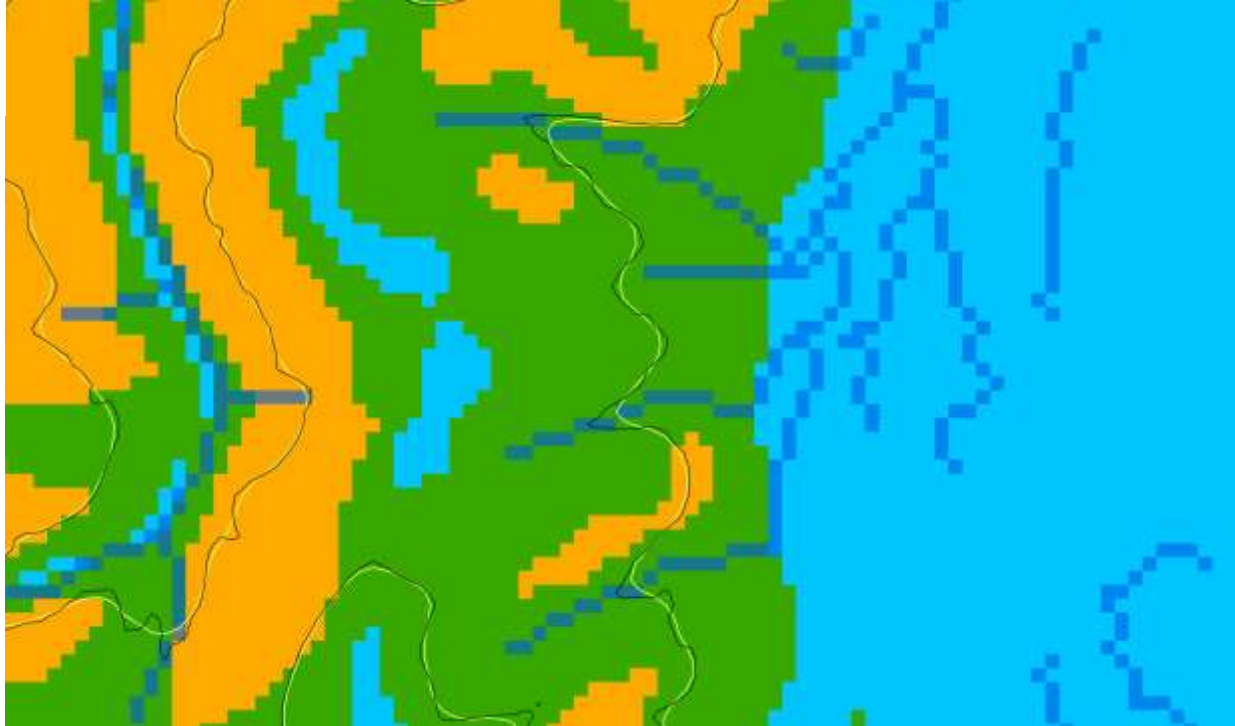
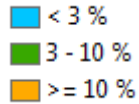
Ravins: filtré selon la valeur





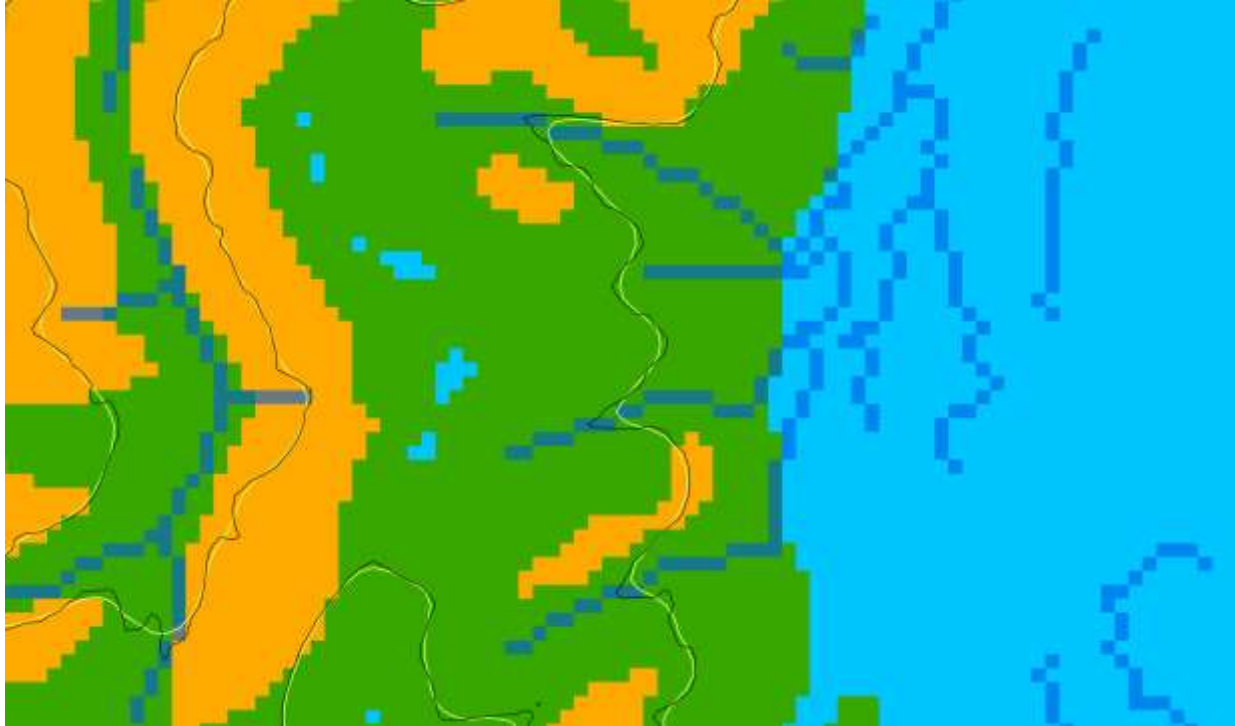
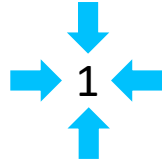
# Rinnen: in grüner Zone isolieren

Ravins: isolé seulement dans les zones vertes





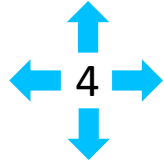
# Rinnen: in grüner Zone isolieren





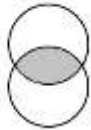
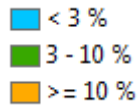


# Rinnen: in grüner Zone isolieren



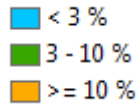


# Rinnen: in grüner Zone isolieren





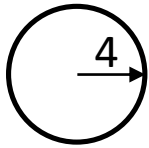
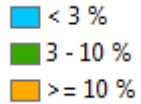
# Rinnen: in grüner Zone isolieren





# Neigungszonen: Arrondierung

Zones arrondies

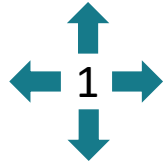


Median








# Rinnen verbreitern







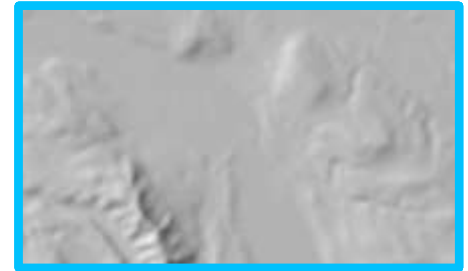
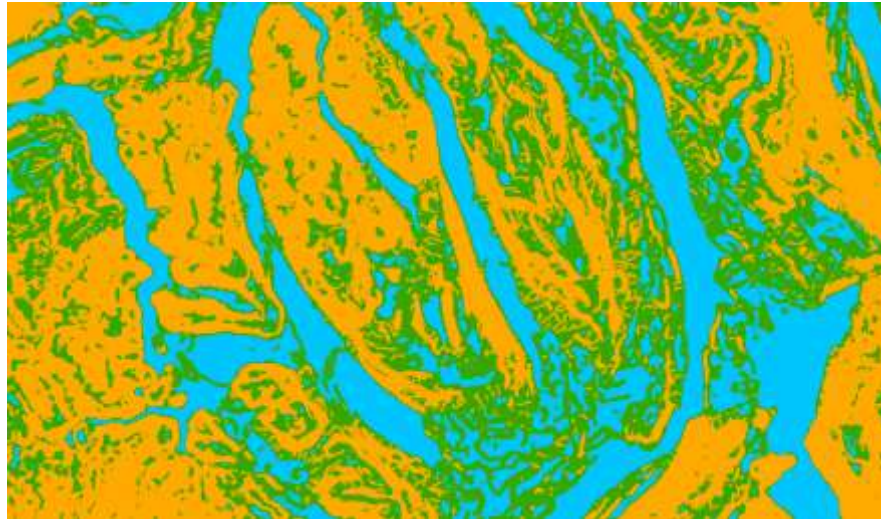
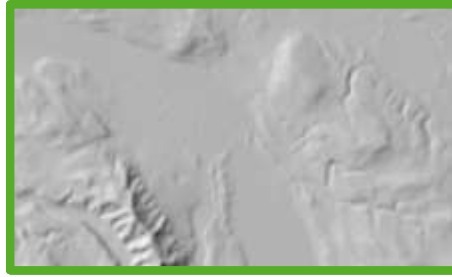
# Rinnen als gelbe Zone klassifiziert

-  < 3 %
-  3 - 10 %
-   $\geq 10$  %





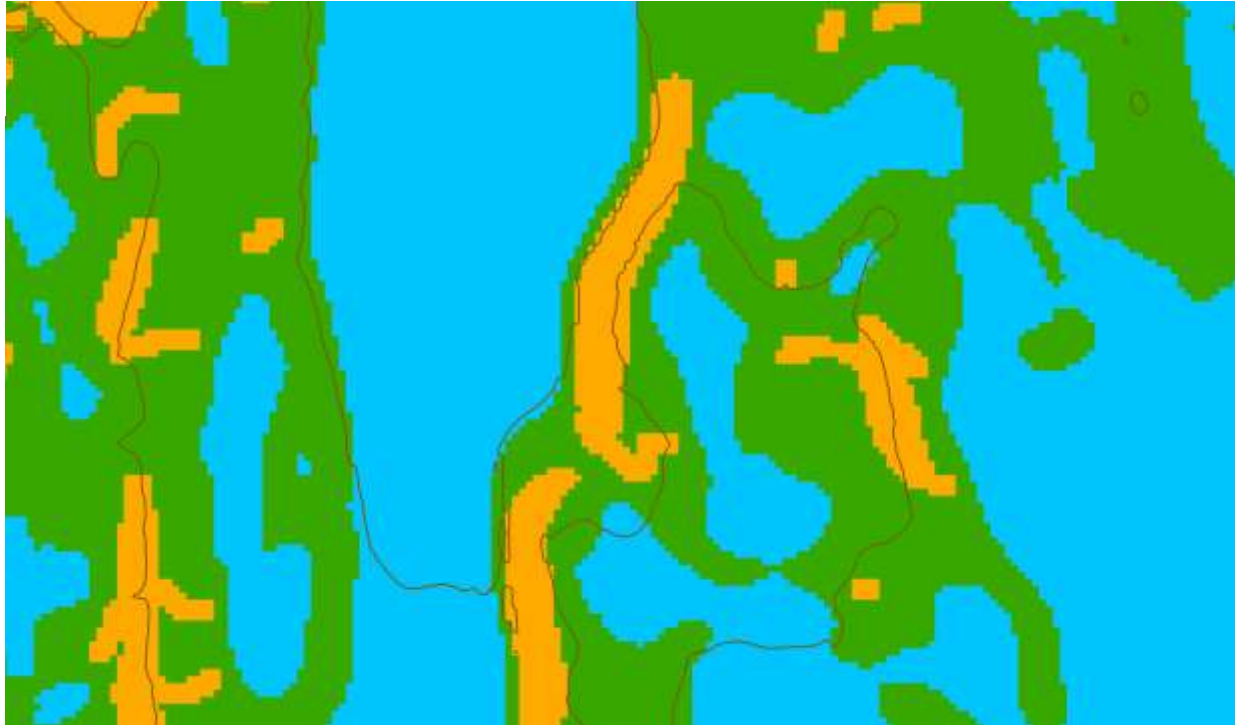
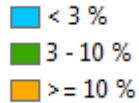
# Kombination der Höhenraster





# Naive Kombination → Artefakte an Zonengrenzen

Combinaison simple: perturbations en  
bordure de zone





# Naive Kombination → Artefakte an Zonengrenzen

## Lösung

- Zonengrenzen bestimmen *Déterminer les limites de zone*
- In Zonengrenzen Höhenraster glätten  
*Lisser la grille raster dans les limites de la zone*



# Zonengrenzen bestimmen

3x3

Spannweite

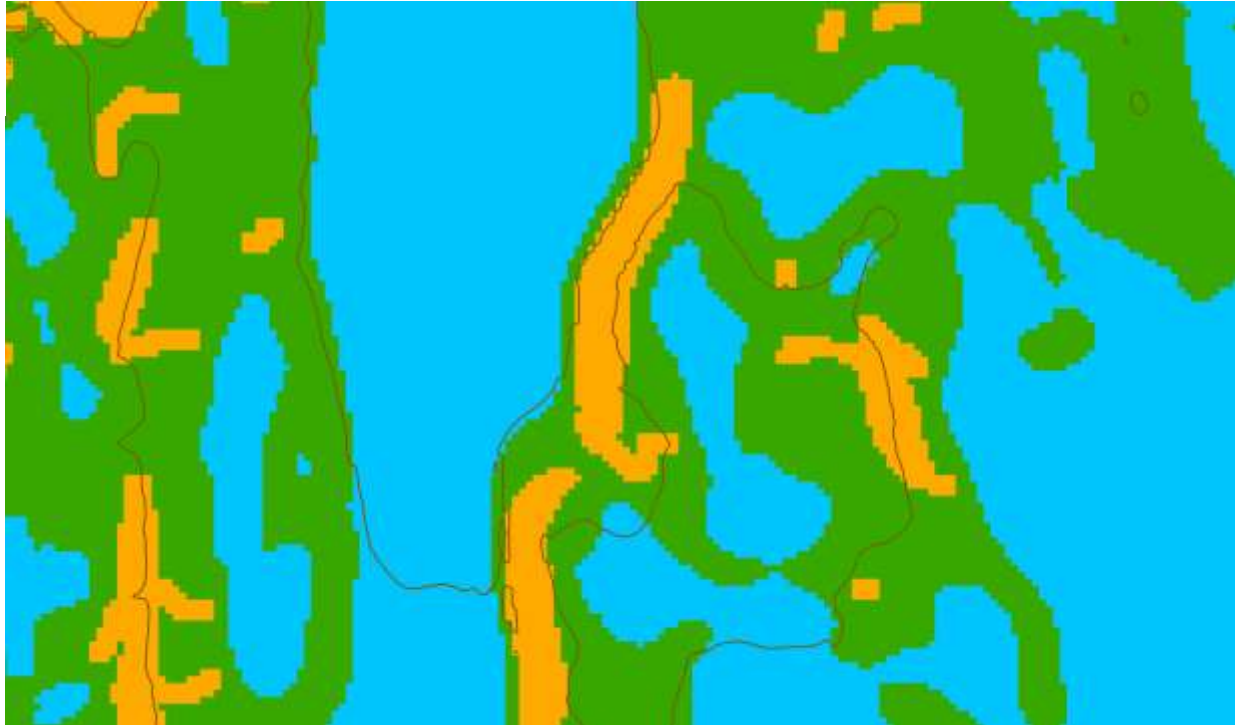
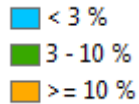
1  
2





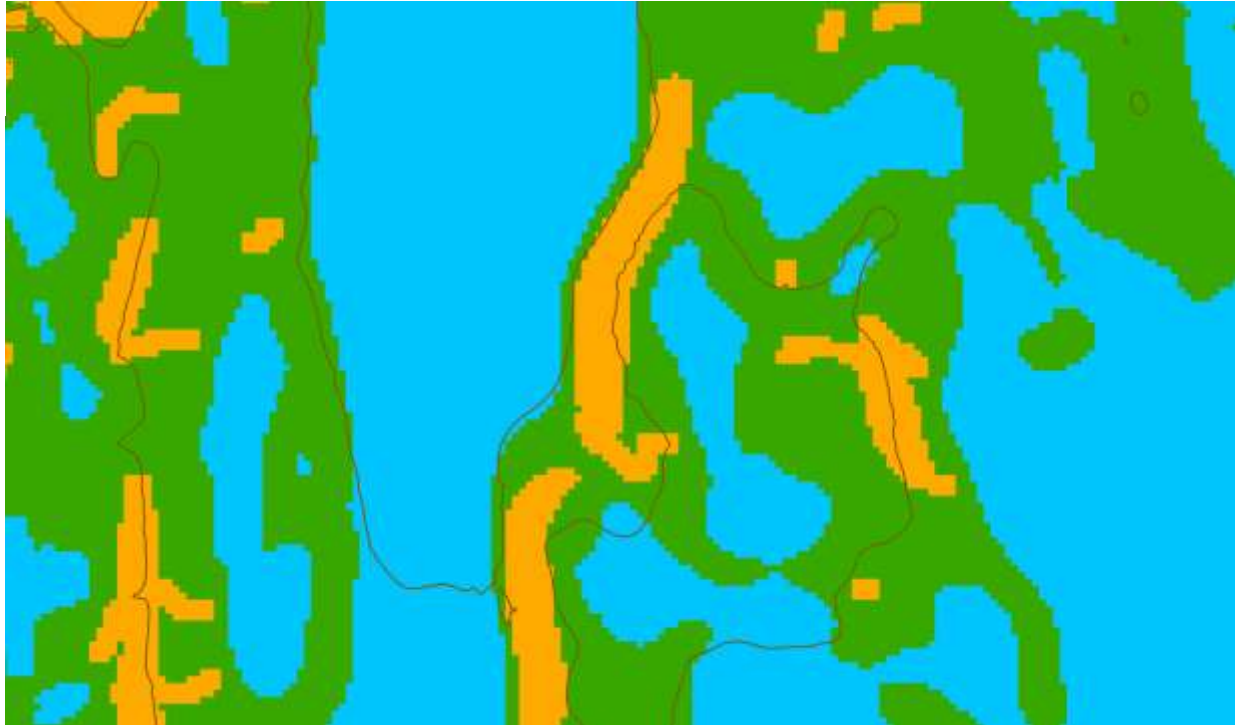
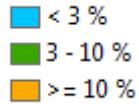


# Naive Kombination → Artefakte an Zonengrenzen

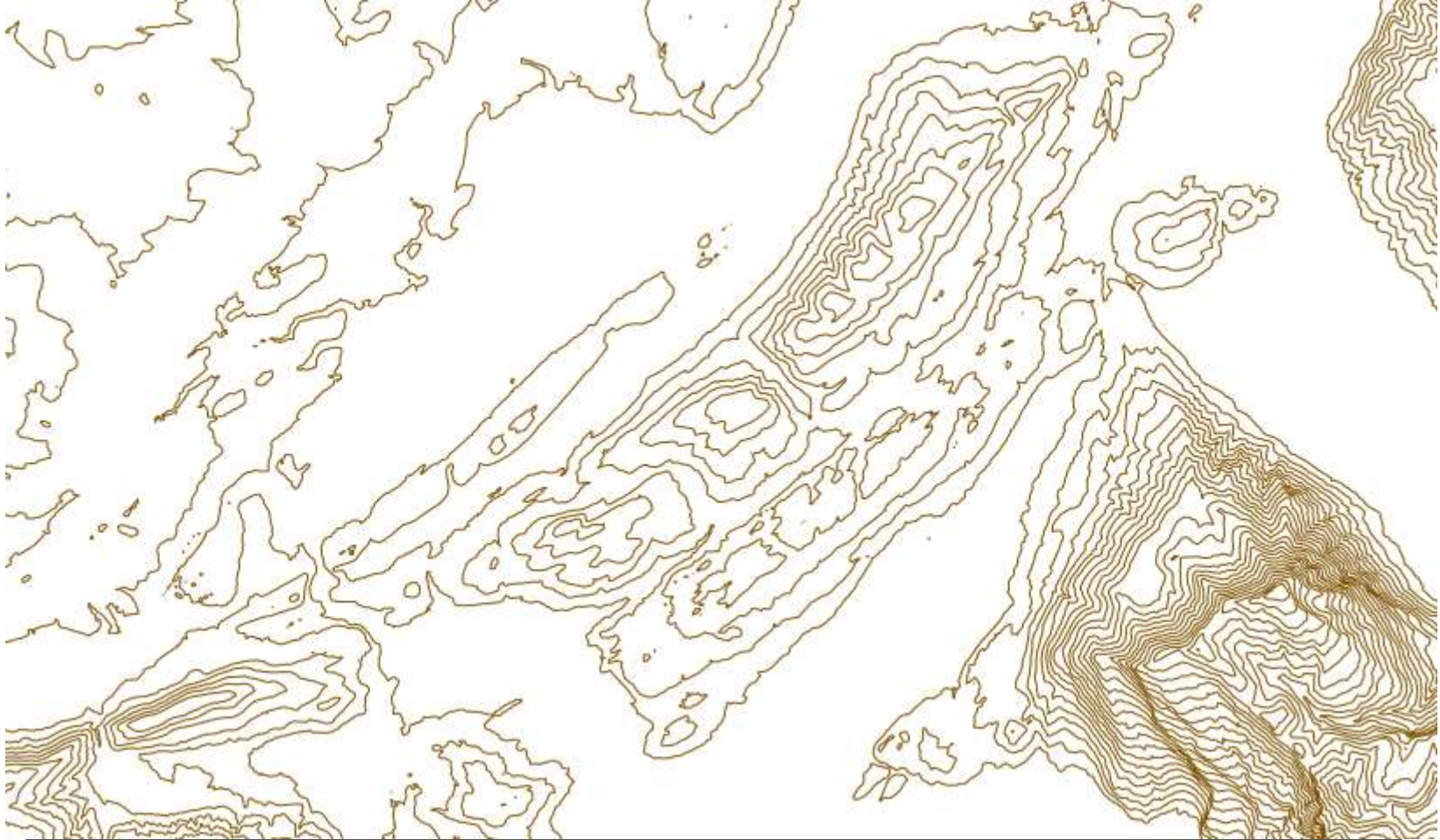




# Generalisierte Höhenkurven in Zonengrenzen



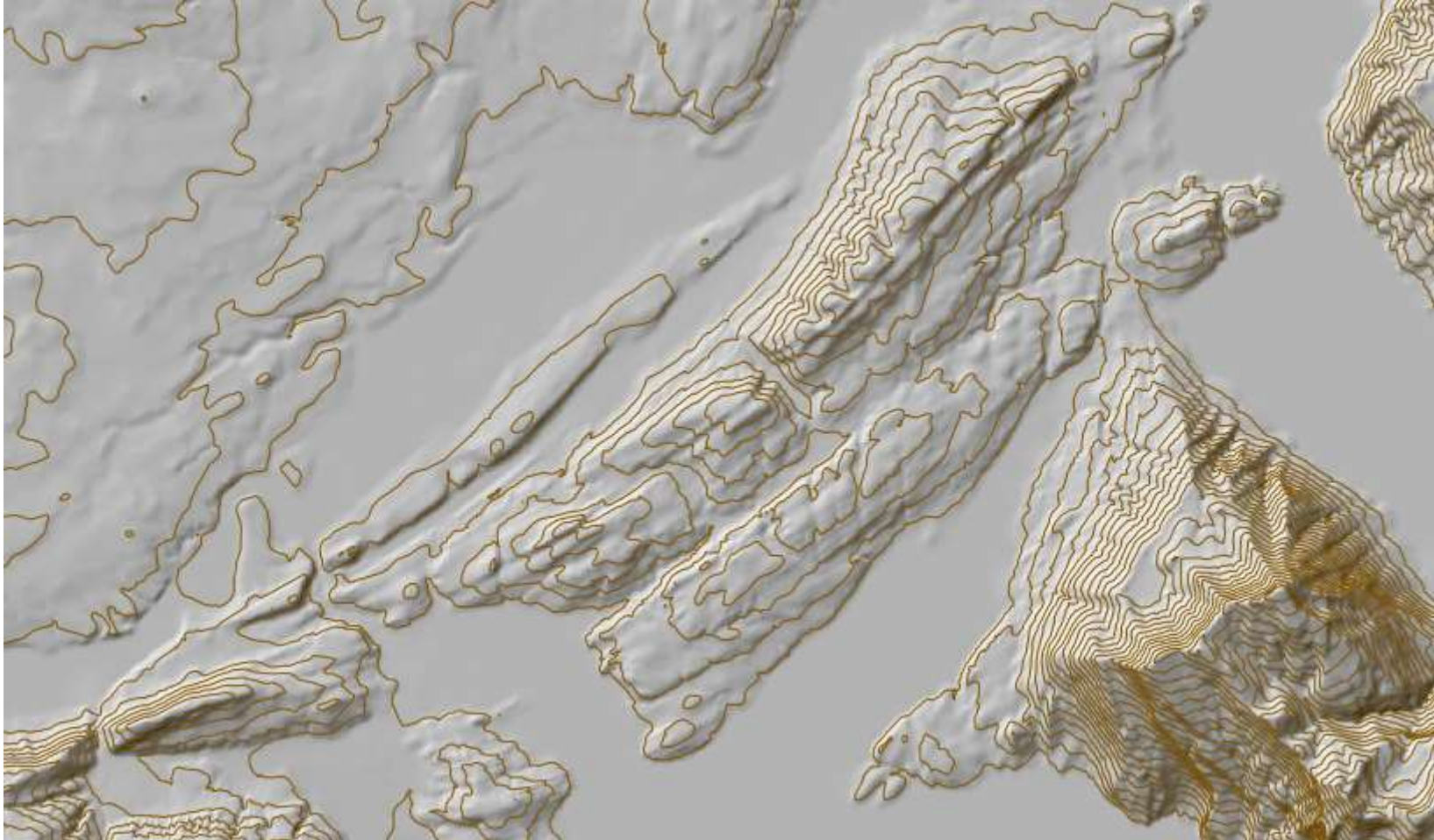
















**Freitag 14. Dezember, 10h**

# Geothermie in der Schweiz – Projektebeispiele aus swisstopo, Privatwirtschaft und Forschung



La géothermie en Suisse –  
Exemples de projets à swisstopo,  
dans une entreprise privée et dans  
la recherche