



Aufnahmeverfahren zur 3D-Modellierung von Stauanlagen

Masterarbeit HS 2011

Amanda Zwicky

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



Aufgabenstellung

- Bisher punktuelle Bestimmung von Verschiebungen an Staumauern
- Zusammenarbeit mit axpo (Herr U. Federer)
- Evaluierung von Aufnahmeverfahren zur flächenhaften Deformationsbestimmung
- Dokumentation von Rissen und Betonqualität
- Aufnahme von zwei Epochen
- Bewertung der verwendeten Methoden



Inhalt

- Stauanlage Gigerwald
- Mögliche Aufnahmeverfahren
- Planung und Durchführung der Datenaufnahme
- Erstellen der 3D-Modelle
- Vergleich der 3D-Modelle
- Rissdetektion
- Bewertung
- Fazit und Ausblick

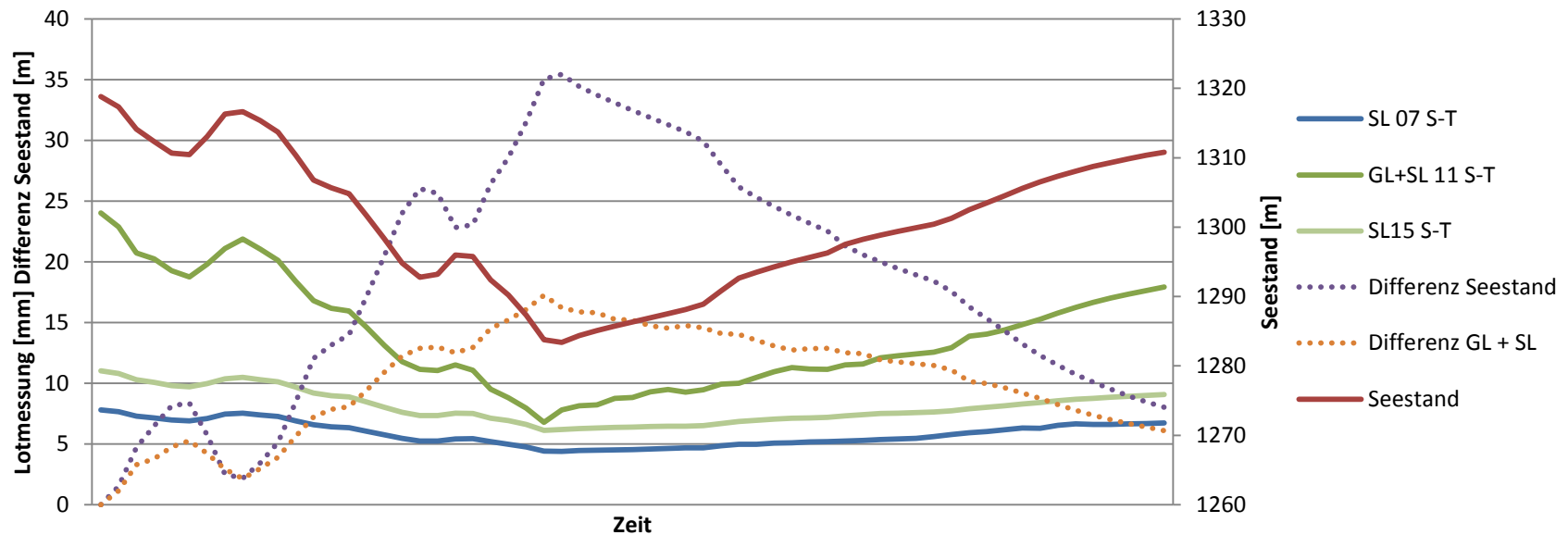
Staumauer Gigerwald

Technische Daten

| | |
|------------------|---------------------------------------|
| Kronenlänge | 390 m |
| Höhe | 147 m total davon 95 m oberirdisch |
| Sperrtyp | Bogenstaumauer |
| Fertigstellung | 1976 |
| Stauvolumen | 35.6 Mio. m ³ |
| Oberfläche | 70.3 ha |
| Jahresproduktion | 274 Mio. kWh |



Deformationsverhalten von Staumauern



- Irreversible Deformation bei Ersteinstau
- Elastisches Verhalten auf Temperatur, Seestand, Talöffnung etc.

Mögliche Aufnahmeverfahren

| Methode | Vorteil | Nachteil |
|---------------------------------------|---|--|
| Laserscanner | <ul style="list-style-type: none">- Fertige Punktwolken nach Aufnahme | <ul style="list-style-type: none">- Langsame Datenaufnahme- Auflösung |
| Terrestrische Photogrammetrie | <ul style="list-style-type: none">- Hohe Auflösung | <ul style="list-style-type: none">- aufwendige Auswertung |
| UAV-Photogrammetrie | <ul style="list-style-type: none">- Flugplanung | <ul style="list-style-type: none">- schlechte Kameraqualität und Auflösung- aufwendige Auswertung |
| Tachymeter | <ul style="list-style-type: none">- Punktwolke nach der Datenaufnahme | <ul style="list-style-type: none">- Langsame Datenakquisition (ca. 3 Sek. pro Punkt) |
| Mikrowelleninterferometer IBIS | <ul style="list-style-type: none">- Erfassung von Deformationen von 0.01 mm | <ul style="list-style-type: none">- Wiederholung der Messung nach längerem Zeitraum nicht möglich |

Planung und Durchführung der Datenaufnahme

Photogrammetrie:

- Terrestrisch: keine passenden Standpunkte
- UAV: kein GNSS Empfang
- Bemannter Helikopter: beste Aufnahmegeometrie
 - 4 Streifen
 - 60 m Distanz
 - 8 mm Pixelgrösse

Planung und Durchführung der Datenaufnahme

Photogrammetrie:

- Epoche 1: 25. Okt. 2011
 - Distanz 90 m
 - 164 Bilder
- Epoche 2: 30. Nov. 2011
 - Distanz 60 m
 - 356 Bilder
 - 1. Streifen nur 40 m
- Kurze Belichtungszeit $1/2'000$ sek.

Planung und Durchführung der Datenaufnahme

Laserscanner:

- Riegl LPM 321
- Zwei Standpunkte in 200 bis 400m Entfernung
- Auflösung: 6 bis 12 cm
- Footprint: 16 bis 32 cm

| | |
|-----------------|------------------------|
| Field of view | 150° x 360° |
| Messrate | Bis zu 1'000 Pkt/sek |
| Messgenauigkeit | 25 mm (sigma1 @50m) |
| Präzession | 15 mm |
| Max. Distanz | 6'000 m (reflektorlos) |
| Min. Distanz | 10 m |
| Winkelauflösung | 0.02 gon |
| Strahldivergenz | Typ. 0.8 mrad |
| Wellenlänge | Nahes Infrarot |
| Gewicht | ca. 16 kg |

Planung und Durchführung der Datenaufnahme





Erstellung der 3D-Modelle

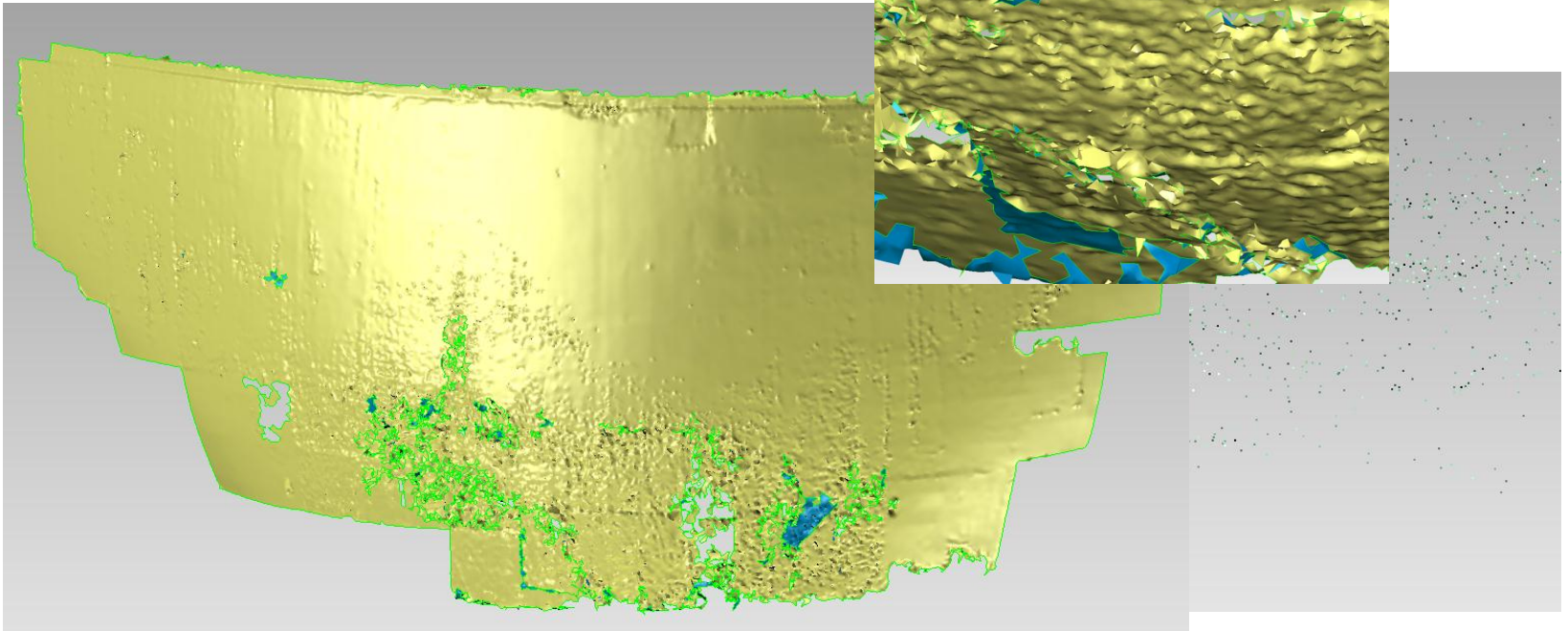
- Photogrammetrie
 - Inpho
 - LPS
 - Photomodeler Scanner
 - Geomagic

Erstellung der 3D-Modelle

- Photogrammetrie Epoche 1
 - LPS:
 - 46 Bilder orientiert
 - DTM aus 24 Bilder
 - RMSE 0.4563 Pixel
 - Geomagic: 550'000 Punkte importiert, auf 450'000 Punkte bereinigt
 - Distanz 90m
 - Basis 10-25 m

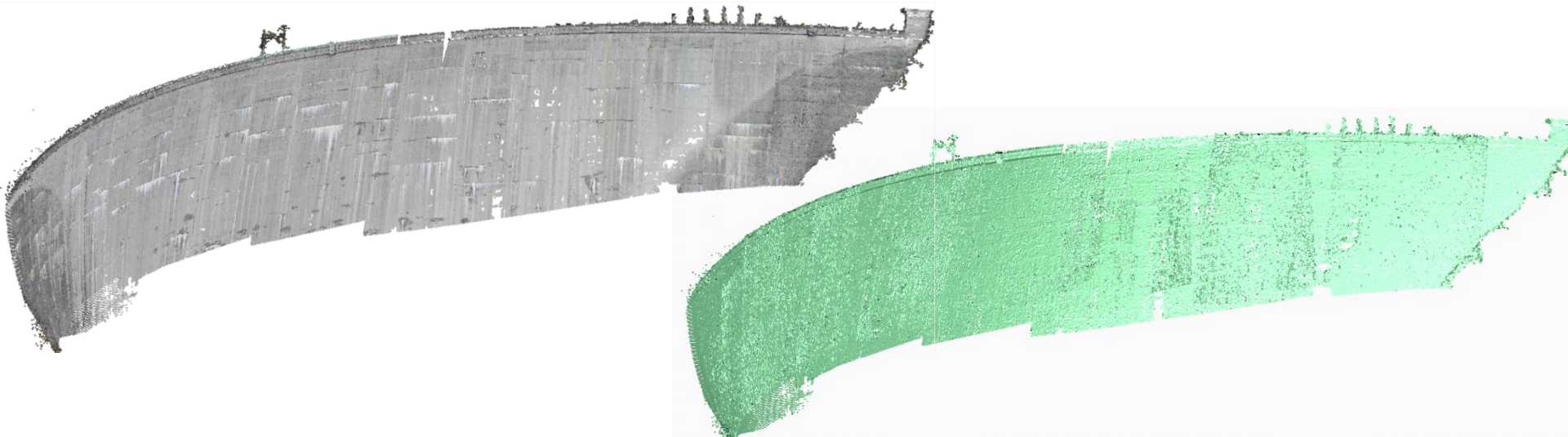
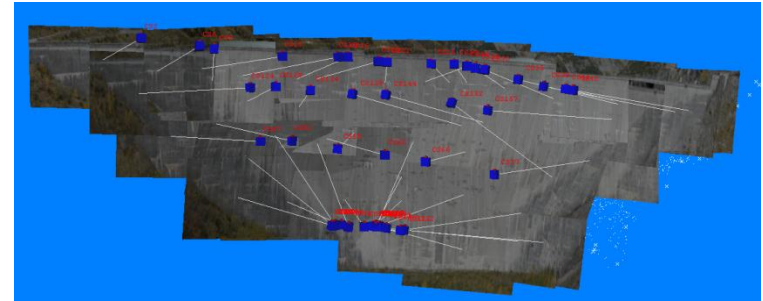
Erstellung der 3D-Modelle

- Photogrammetrie Epoche 1
 - LPS:
 - 46 Bilder orientiert
 - DTM aus 24 Bilder



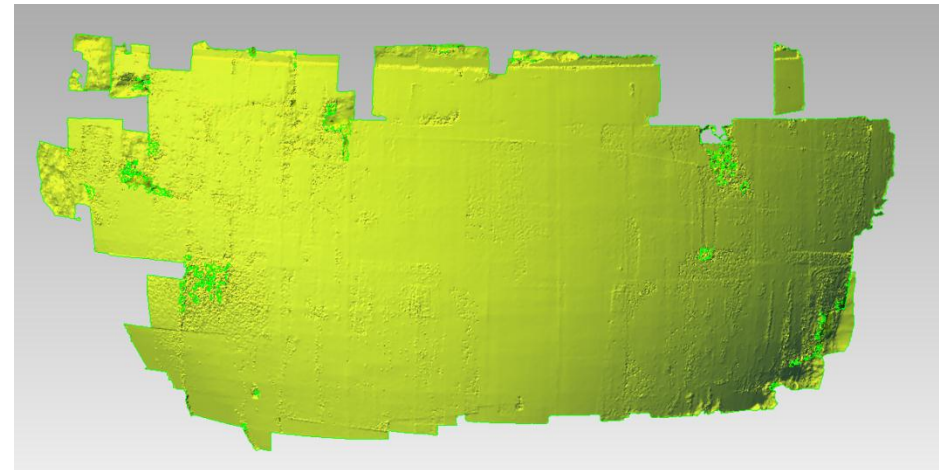
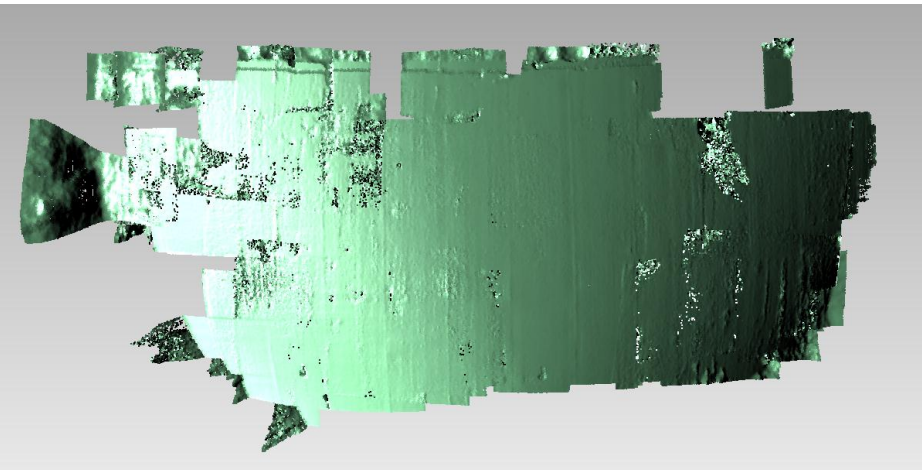
Erstellung der 3D-Modelle

- Photogrammetrie Epoche 1
 - Photomodeler Scanner
 - 41 Bilder
 - RMSE: 0.748 Pixel
 - 19 Mio. Punkte
 - Geomagic: 14 Mio. Punkte



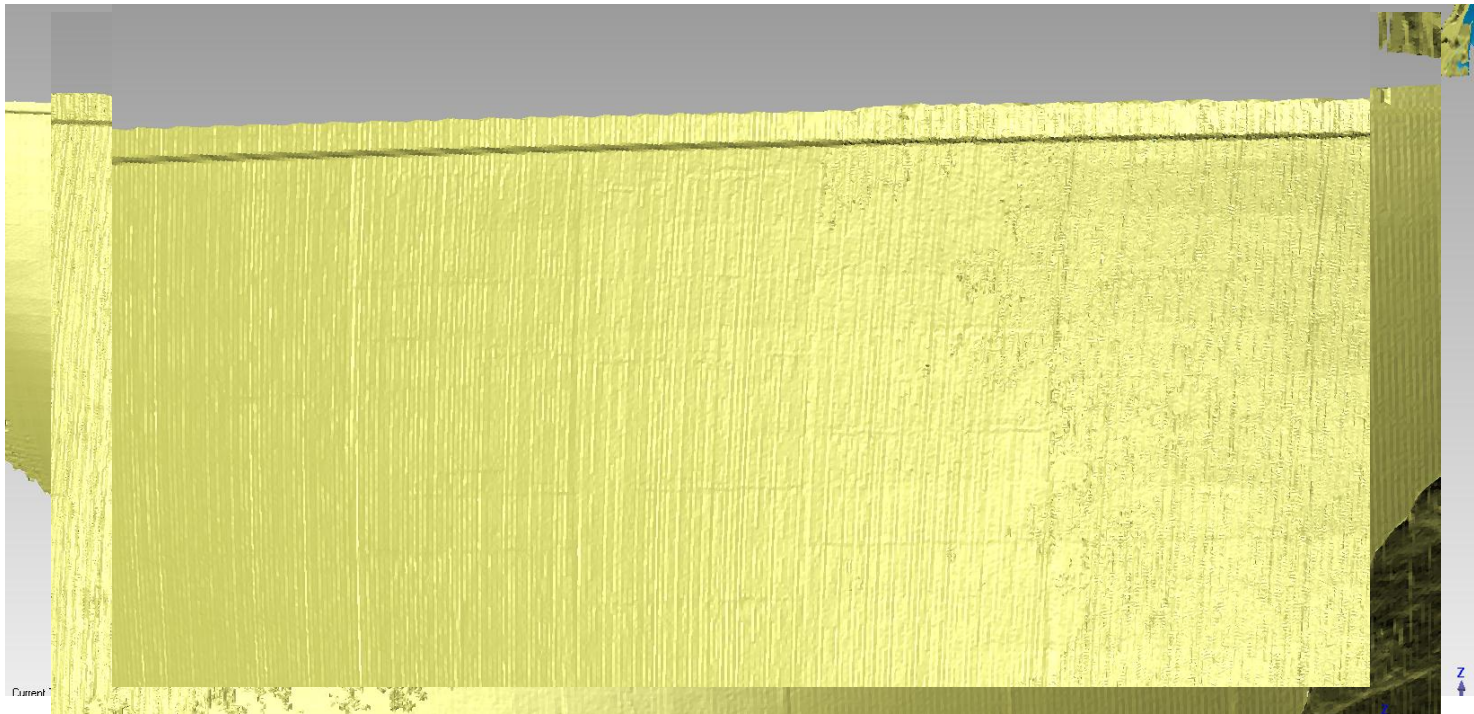
Erstellung der 3D-Modelle

- Photogrammetrie Epoche 2
 - LPS:
 - 77 Bilder orientiert
 - DTM aus 73 Bildern
 - RMSE 0.480 Pixel
 - Geomagic: 830'000 Punkte

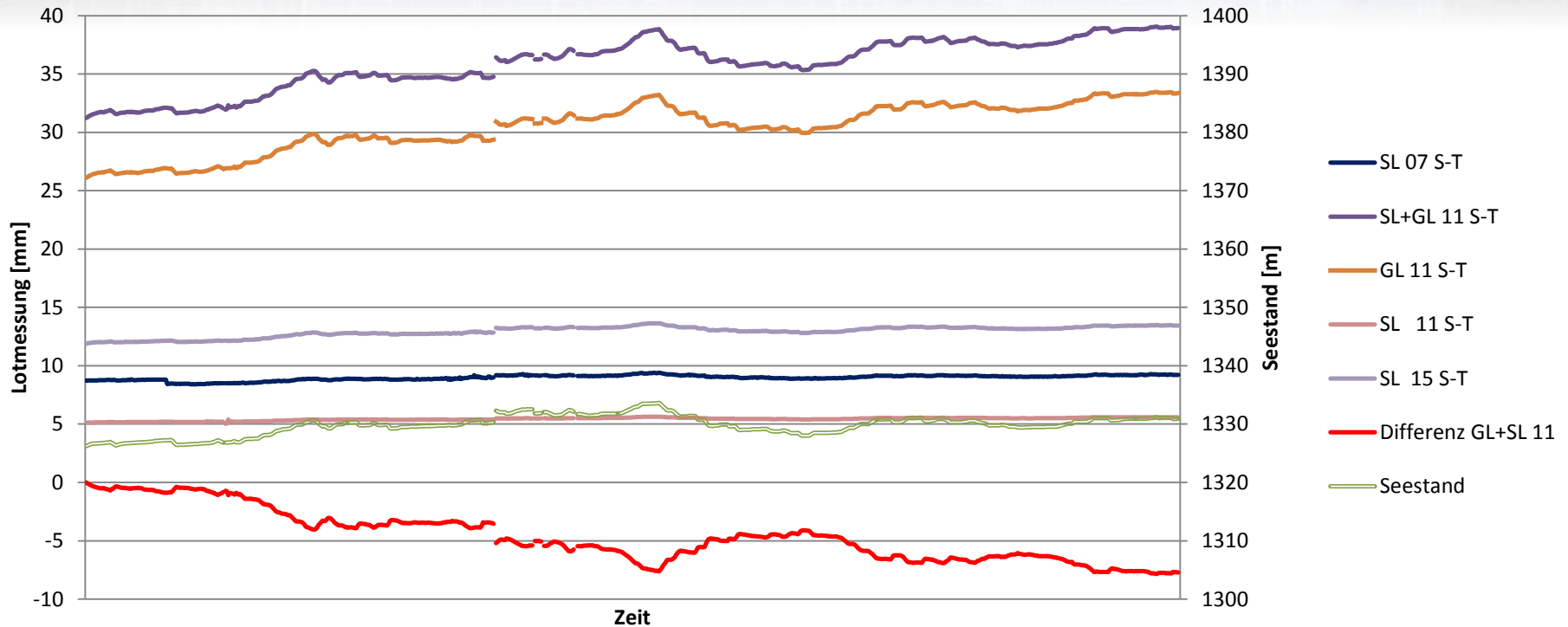


Erstellung der 3D-Modelle

- Laserscanner Epoche 1 und 2
 - RiSCAN PRO: Orientierung von rund 2 Mio. Punkten
 - Geomagic: Bereinigen auf 800'000 Punkte und triangulieren



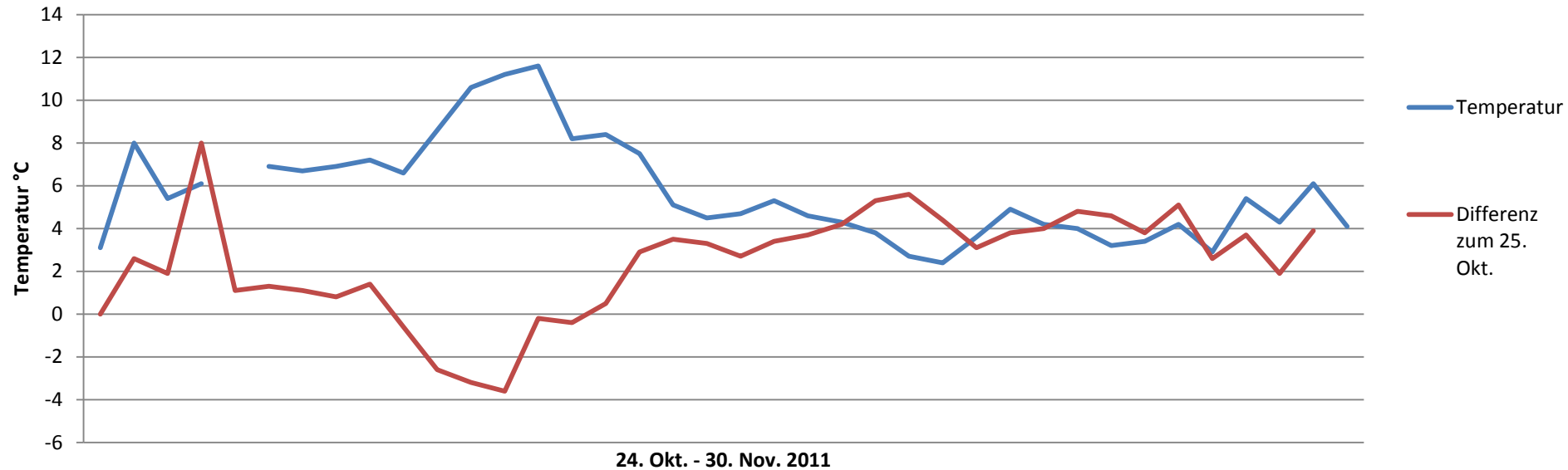
Vergleich der 3D-Modelle



- Referenzdaten aus Lotmessung
- Maximale Differenz: 7.83mm
- Seestand um 4.8 m gestiegen

Vergleich der 3D-Modelle

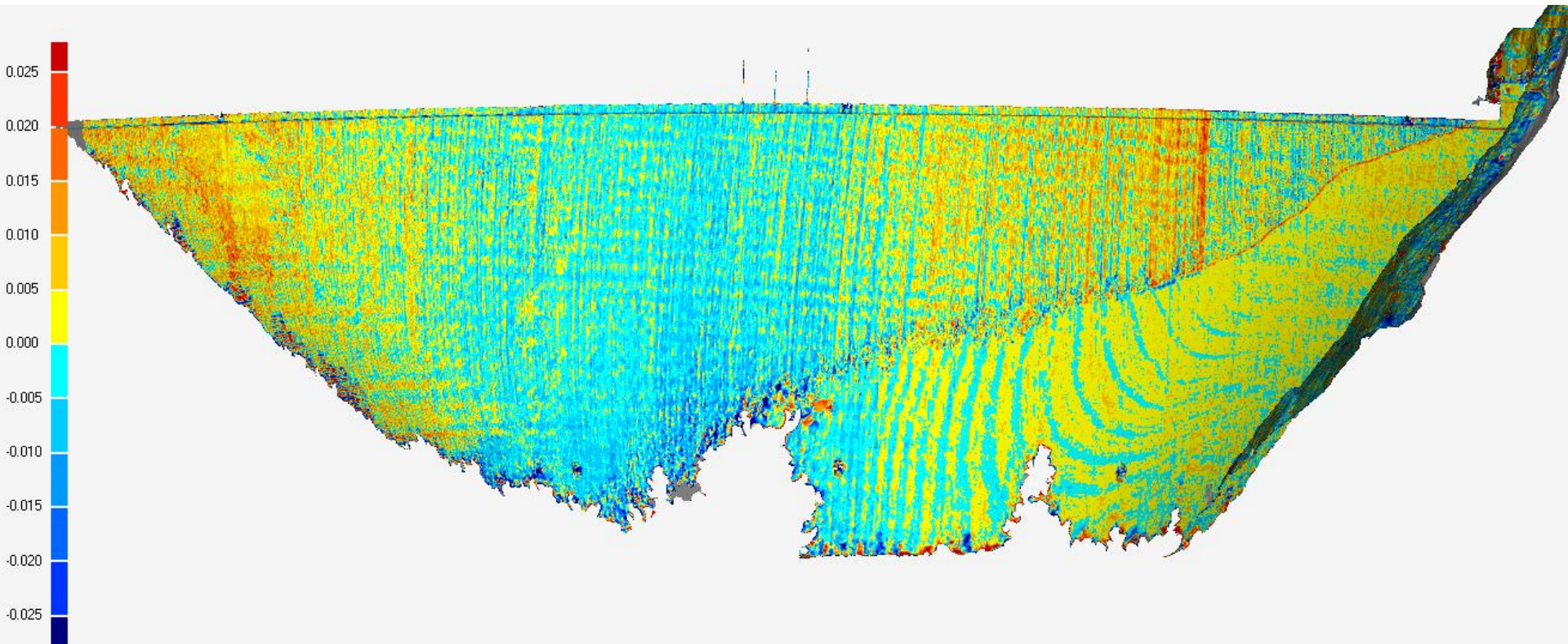
Tages-Durchschnitts-Temperatur



- 3.9 °C Unterschied in der Tagesdurchschnittstemperatur

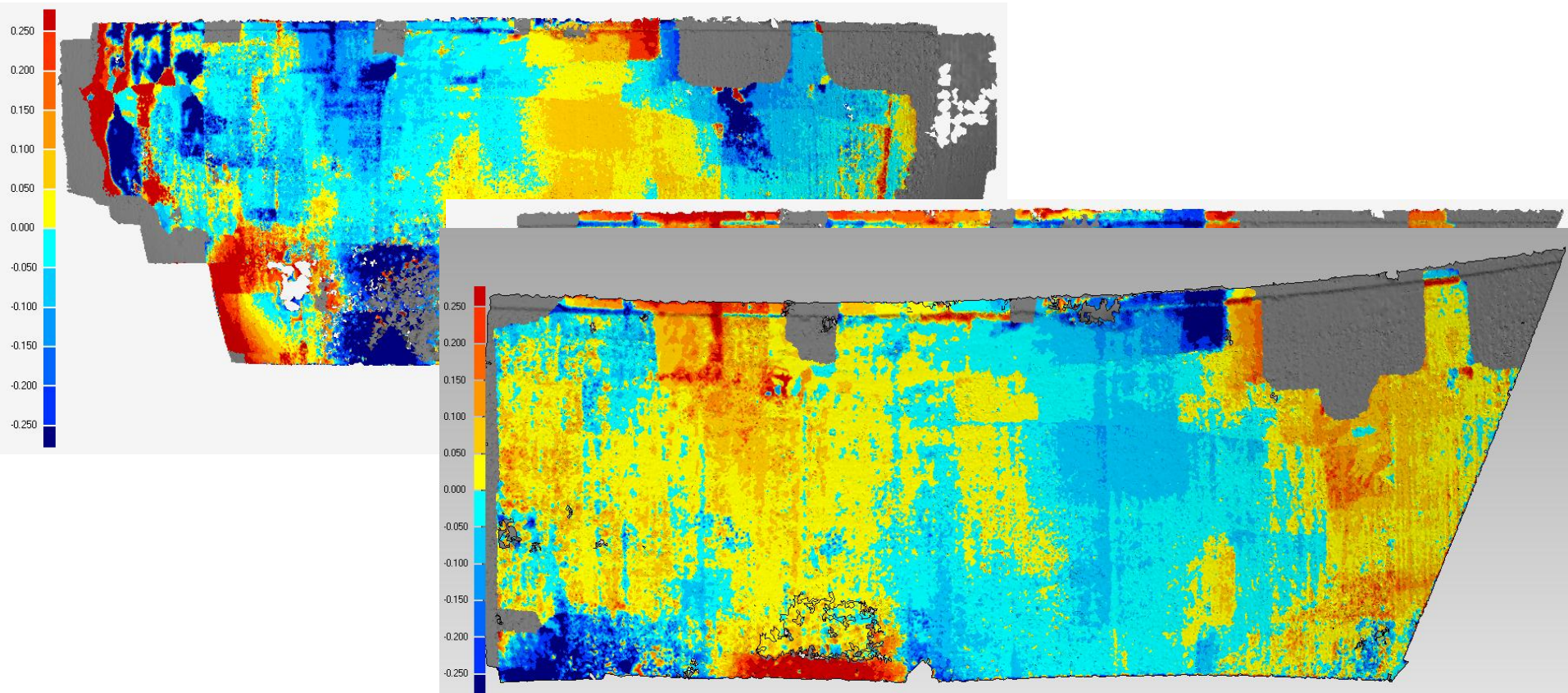
Vergleich der 3D-Modelle

- Scanner: Epoche 1 - 2
 - Offset in der Orientierung
 - Max. Differenzen kleiner als Standardabweichung (2.5 cm)



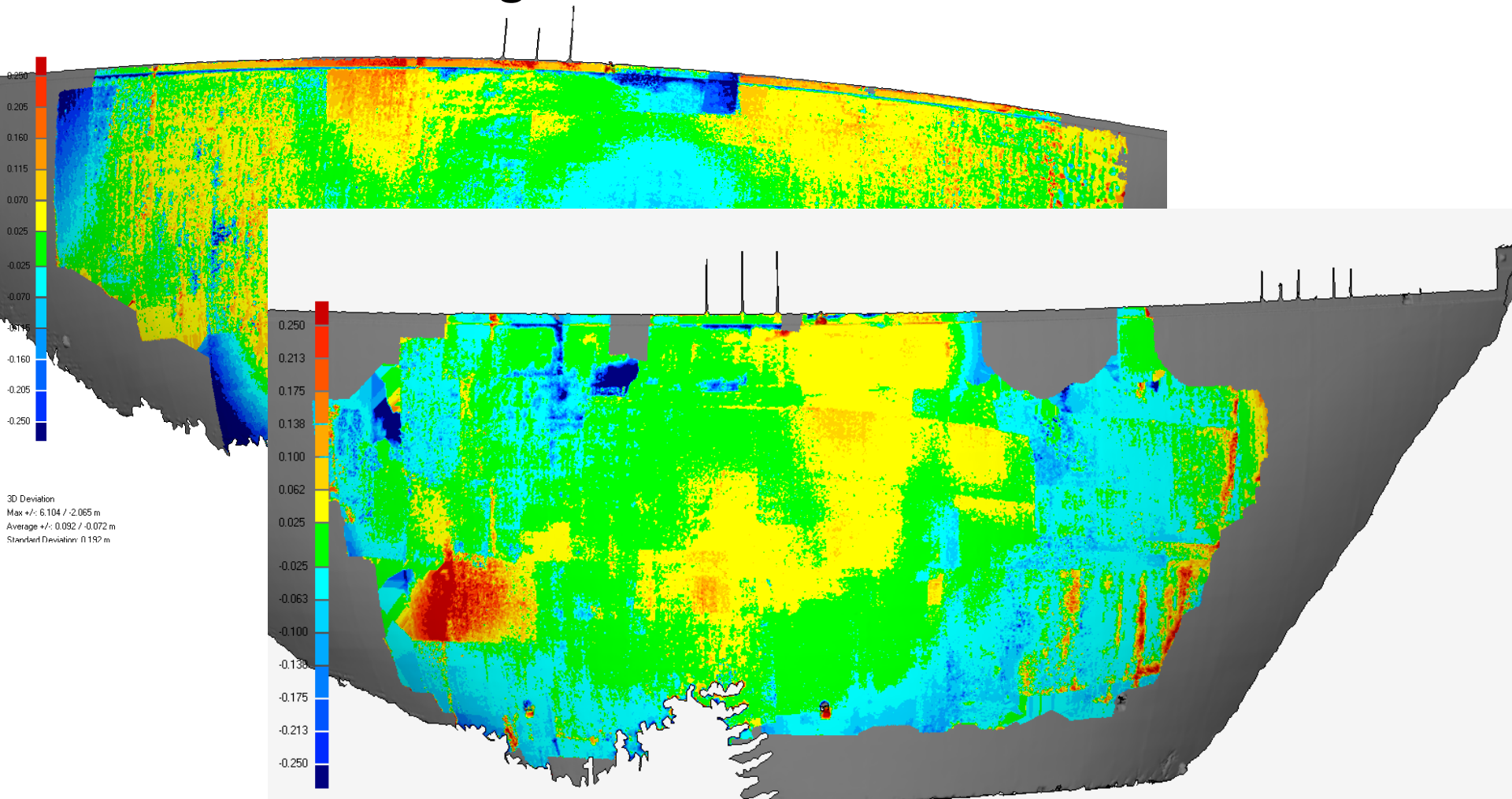
Vergleich der 3D-Modelle

- Photogrammetrie: LPS Epoche 1-2



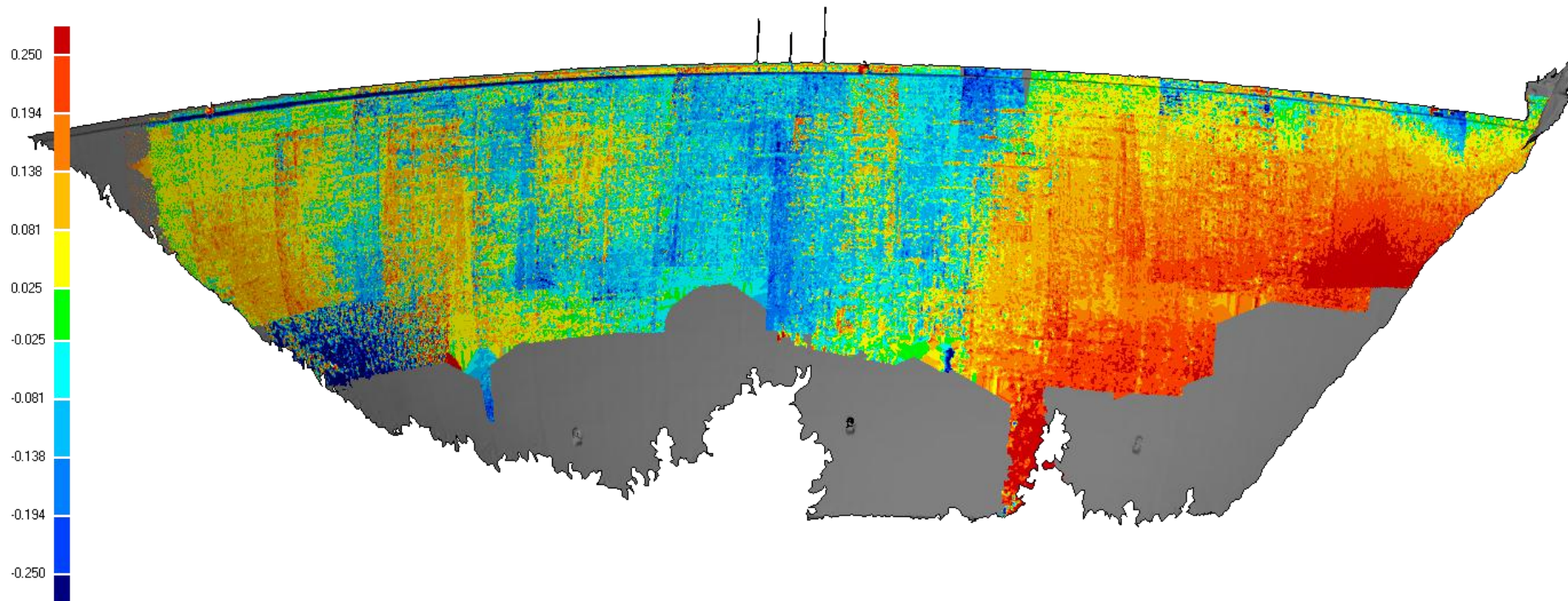
Vergleich der 3D-Modelle

- Scanner-Photogrammetrie: LPS



Vergleich der 3D-Modelle

- Scanner-Photogrammetrie: Photomodeler



Rissdetektion

- Risse und Absplitterungen in Modellen nicht sichtbar
- Orthophotos als Kartierungsgrundlage



Bewertung der Verfahren

- Photogrammetrie «Pixel-Messung» (1cm^2)
- Laserscanner messen des Footprints
- Genauigkeit von DTM aus Photogrammetrie schlecht bestimmbar
- Photogrammetrie unabhängig von Terrain
- Aufwand



Fazit und Ausblick

- Einfluss Passpunkte
- Mehr signalisierte Punkte
- Auswertungen von Schnittlinien
- RIEGL VZ1000
 - Auflösung 0.0024° -1.2 cm auf 300 m
 - Genauigkeit 8 mm @ 100m



ENDE

Herzlichen Dank für ihre
Aufmerksamkeit

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

