

# **BESTIMMUNG VON MASSENVERÄNDERUNGEN AM JOCHSCHROFEN MITTELS LASERSCANNING**

Bachelorarbeit | 03.04.2023

Martin Lodwig

## INHALT:

- ✓ Motivation
- ✓ Planung und Anwendung
- ✓ Auswertung der Messdaten
- ✓ Analyse der Massenveränderung
- ✓ Wirtschaftlichkeit der Scanner
- ✓ Probleme und Herausforderungen
- ✓ Fazit

# MOTIVATION

- ❖ Jochschrofen liegt zwischen Oberjoch und Bad Hindelang in den Allgäuer Alpen
- ❖ Südliche Felswand grenzt an die B 308
- ❖ Die nahezu senkrechte Felswand hat eine Fläche von etwa 100 m auf 140 m



## Steinschlaggefahr!

- ❖ Anbringung von Steinschlagschutzzäunen
- ❖ 4 m hohe Zäune in zwei Reihen
- ❖ Begrünungsmaßnahmen





# MOTIVATION

- ❖ Regelmäßige Kontrollen durch das staatliche Bauamt Kempten
- ❖ Veranlassung weiterer Überwachungsmaßnahmen

## ➔ Terrestrisches Laserscanning

- ❖ 2018/2019 fand bereits eine Messung statt
- ❖ Neue Messung im November 2022
- ❖ Zusätzliche Untersuchung:

Kann die einfachere Nutzung von scannenden Tachymetern den Laserscanner ersetzen?

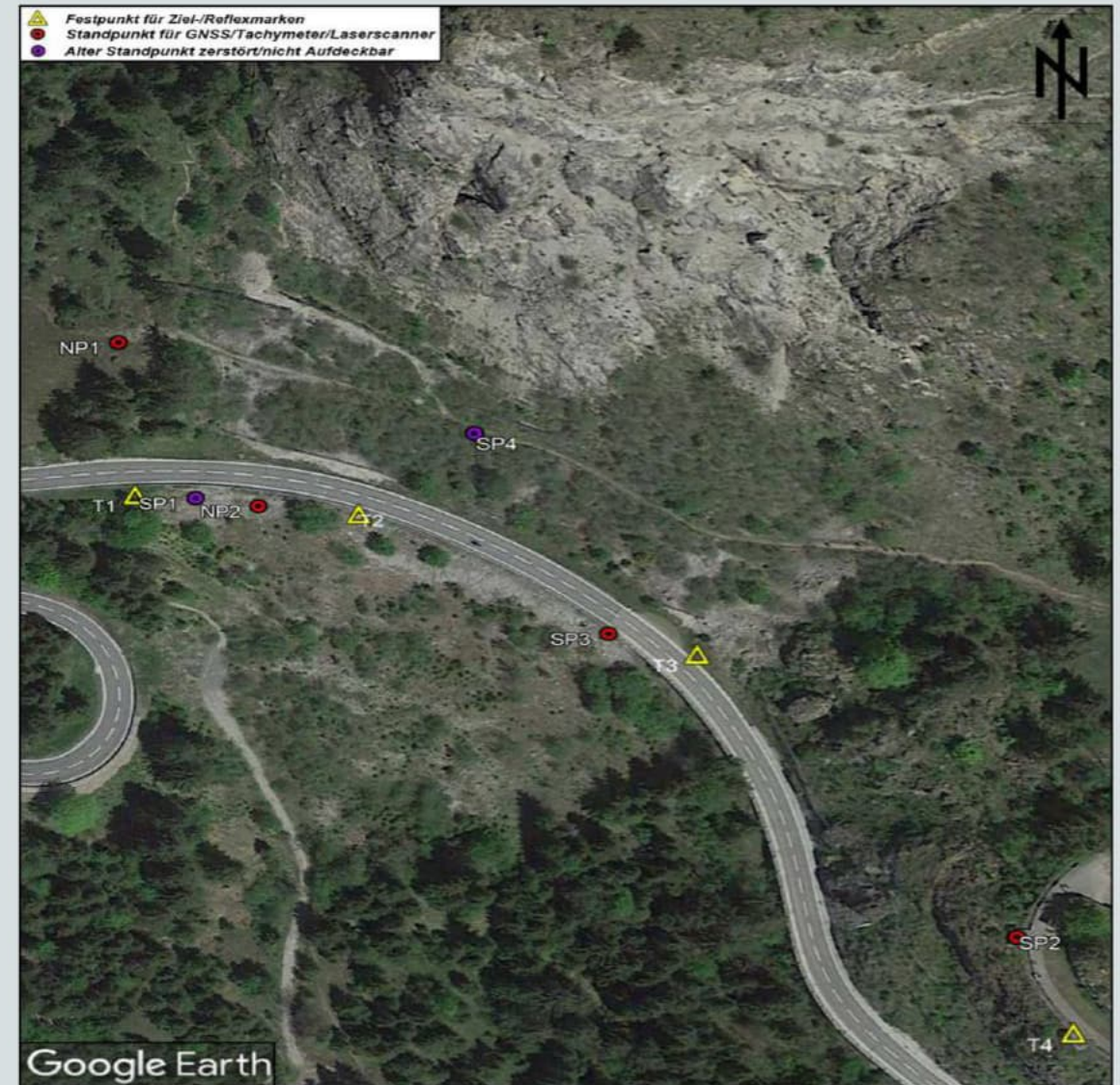


Quelle: Privat bereitgestelltes Bild vom Staatlichen Bauamt Kempten



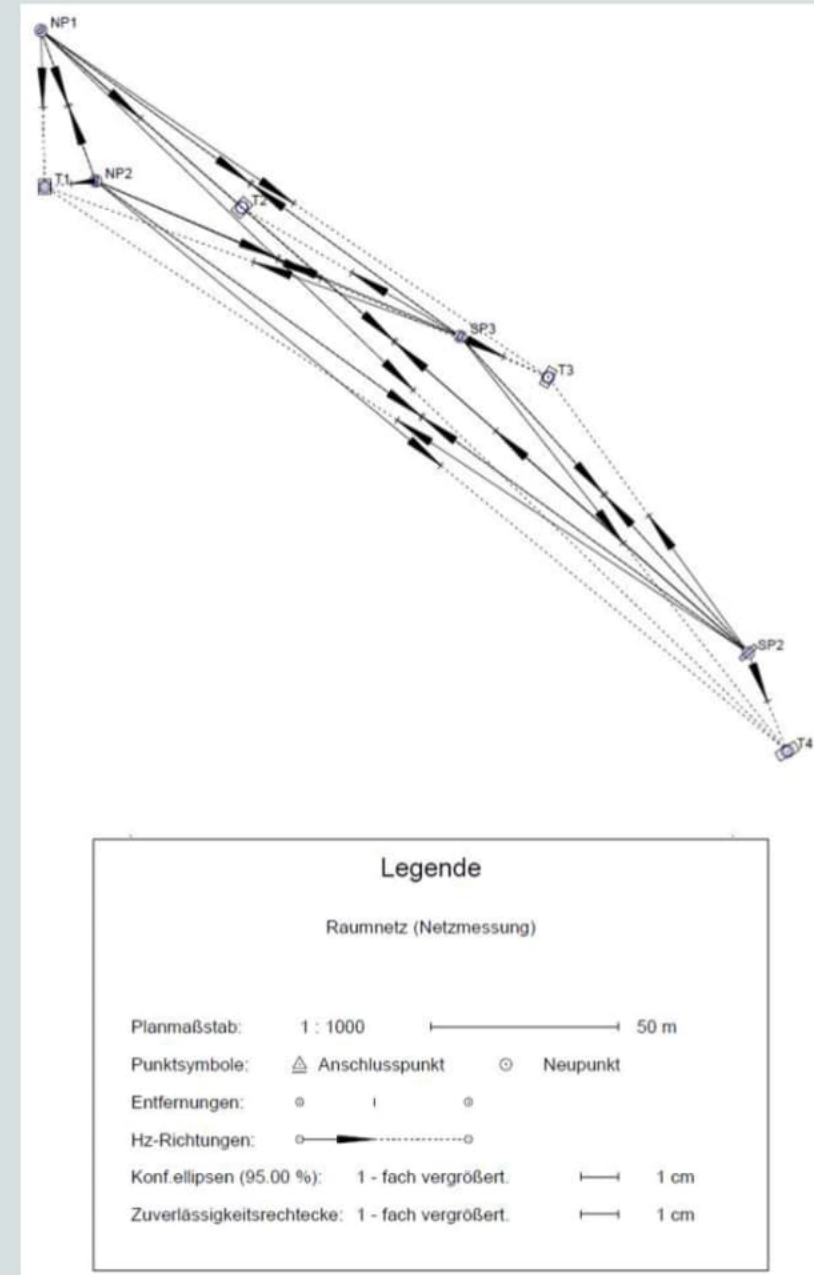
# PLANUNG UND ANWENDUNG

- ❖ Beurteilung der Topographie
- ❖ Aufsuchen alter Standpunkte
- ❖ Abmarkung neuer Standpunkte
  - Statische GNSS-Messung von Standpunkten (Trimble R10)
  - Tachymetrische Messung aller Punkte (Trimble SX10)
  - Auswertung des Raumnetzes
- ❖ Aufstellung der Scanner auf den Standpunkten und Messung der Felswand (Trimble SX10 und Riegl VZ-400)



# AUSWERTUNG DER MESSDATEN

- ❖ Auswertung des Raumnetzes in einer freien Netzausgleichung
  - Standardabweichung maximal L/H:  
0,8 mm / 1,1 mm
  - Standardabweichung durchschnitt L/H:  
0,6 mm / 0,8 mm
- ❖ Ausgabe der ausgeglichenen Koordinaten im UTM- und GK-System

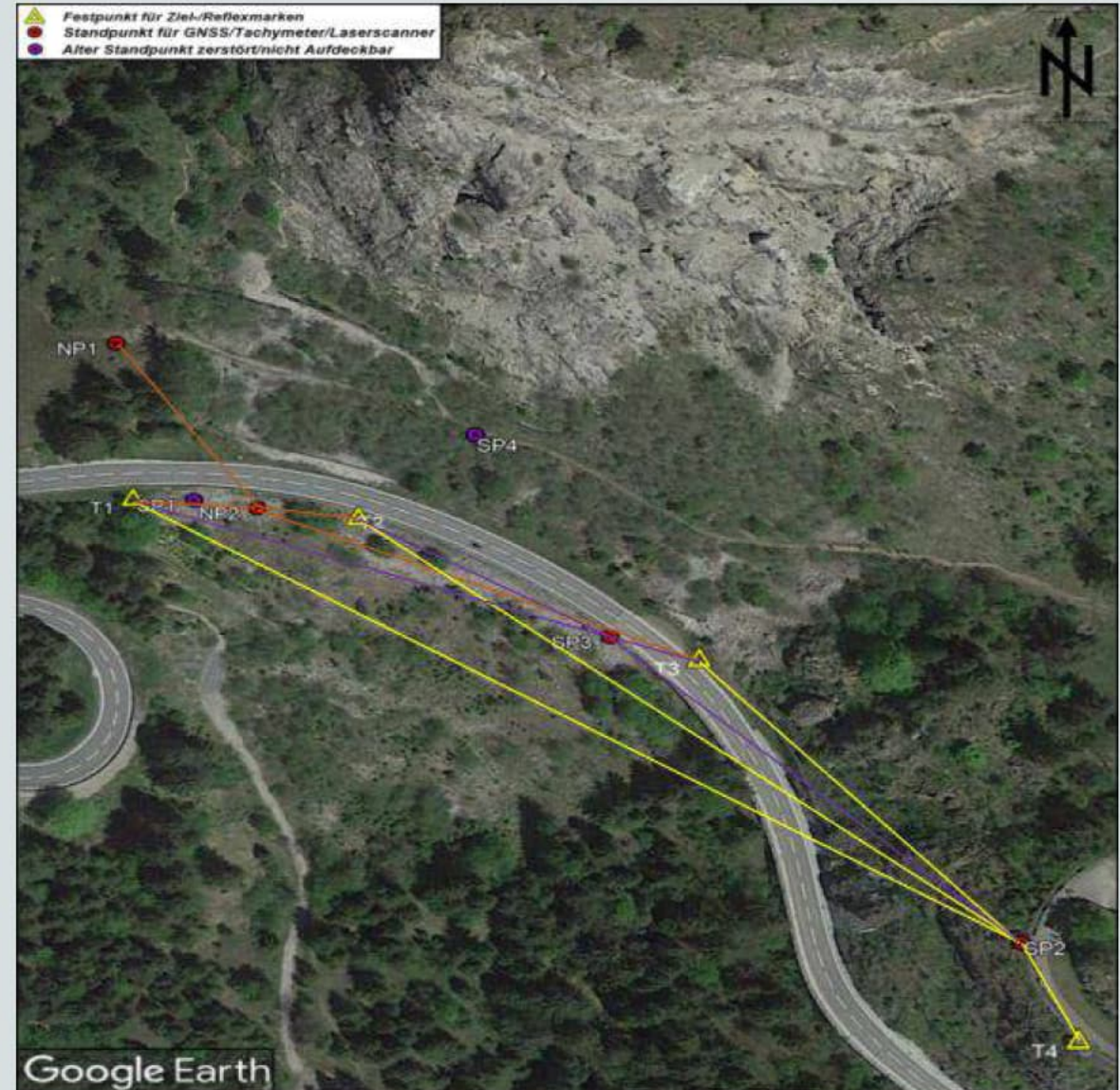




# AUSWERTUNG DER MESSDATEN

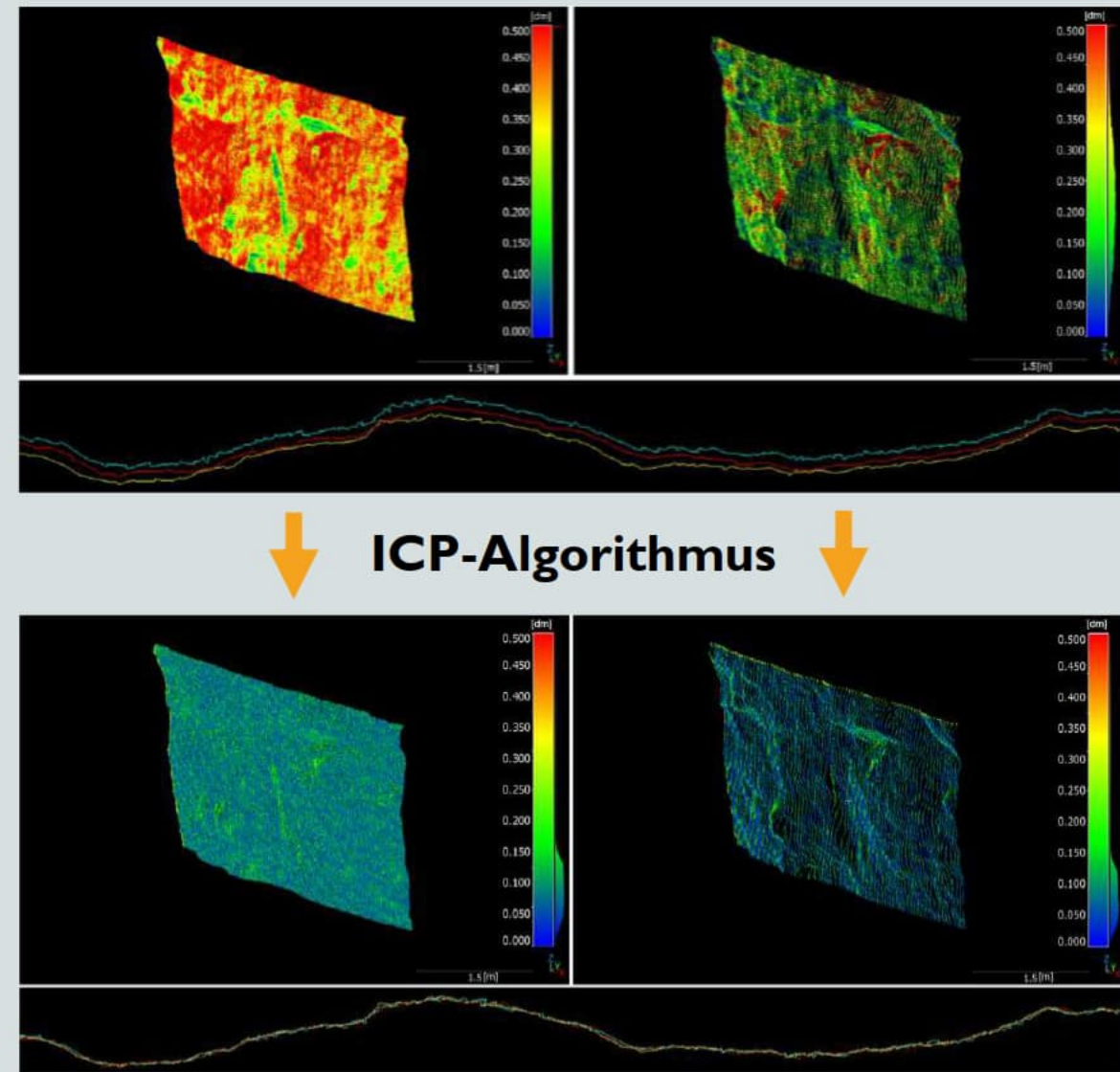
## ❖ Referenzierung des VZ-400

- Standardabweichung NP2:  
2,0 mm
- Standardabweichung SP2:  
2,7 mm
- Standardabweichung SP3:  
1,2 mm
- Standardabweichung im globalem System:  
2,3 mm



# AUSWERTUNG DER MESSDATEN

- ❖ Punktwolken einzelner Scans weichen von einander ab
- ❖ Messstrecken reichen von ca. 50 – 200 m
- ❖ Auftreffwinkel des Messtrahls spielt eine Rolle in der Genauigkeit
- ❖ Annäherung der Punktwolken durch ICP-Algorithmus
- ❖ Vorteil vom SX10: automatische Annäherung und Koordinierung der Punktwolken



CloudCompare



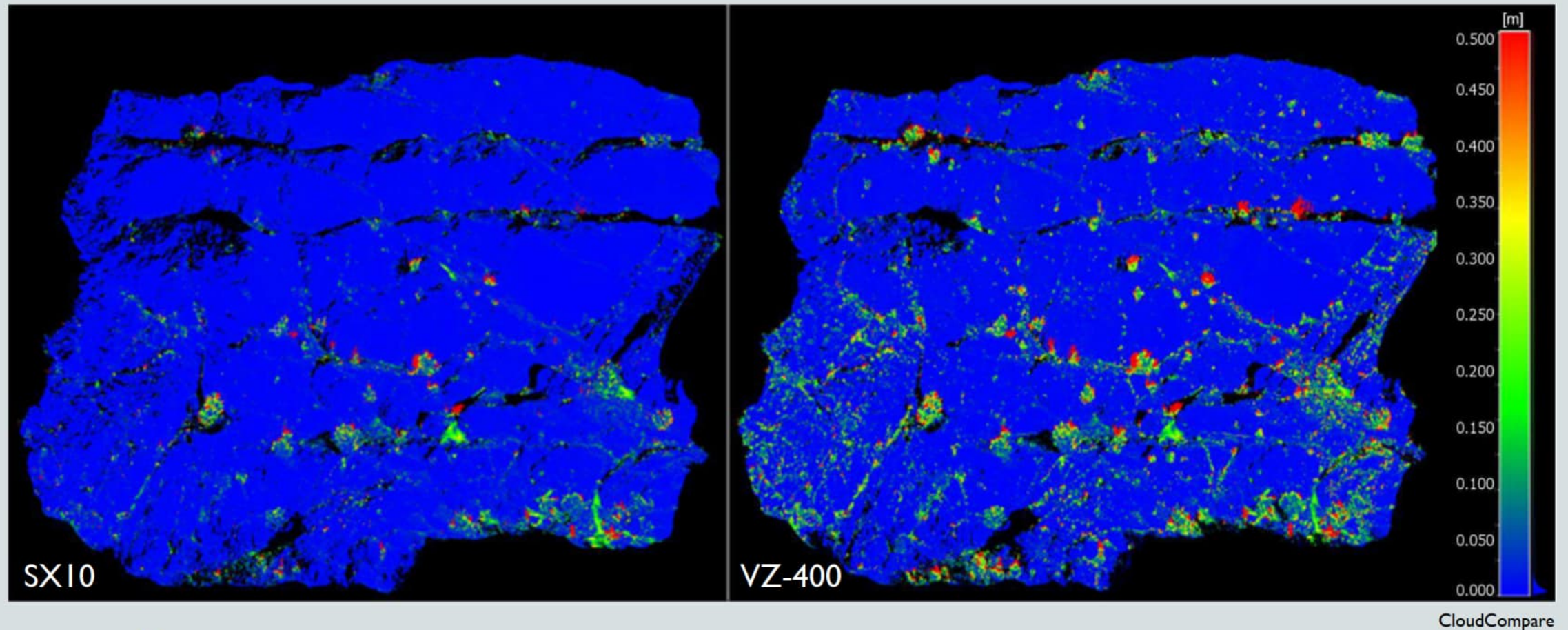
# ANALYSE DER MASSENVERÄNDERUNGEN

- ❖ Importieren der Punktwolken
- ❖ Zuschneiden der Punktwolken
- ❖ Anwendung der Cloud to Cloud Funktion
  - Referenz ist die Punktwolke von 2019



CloudCompare

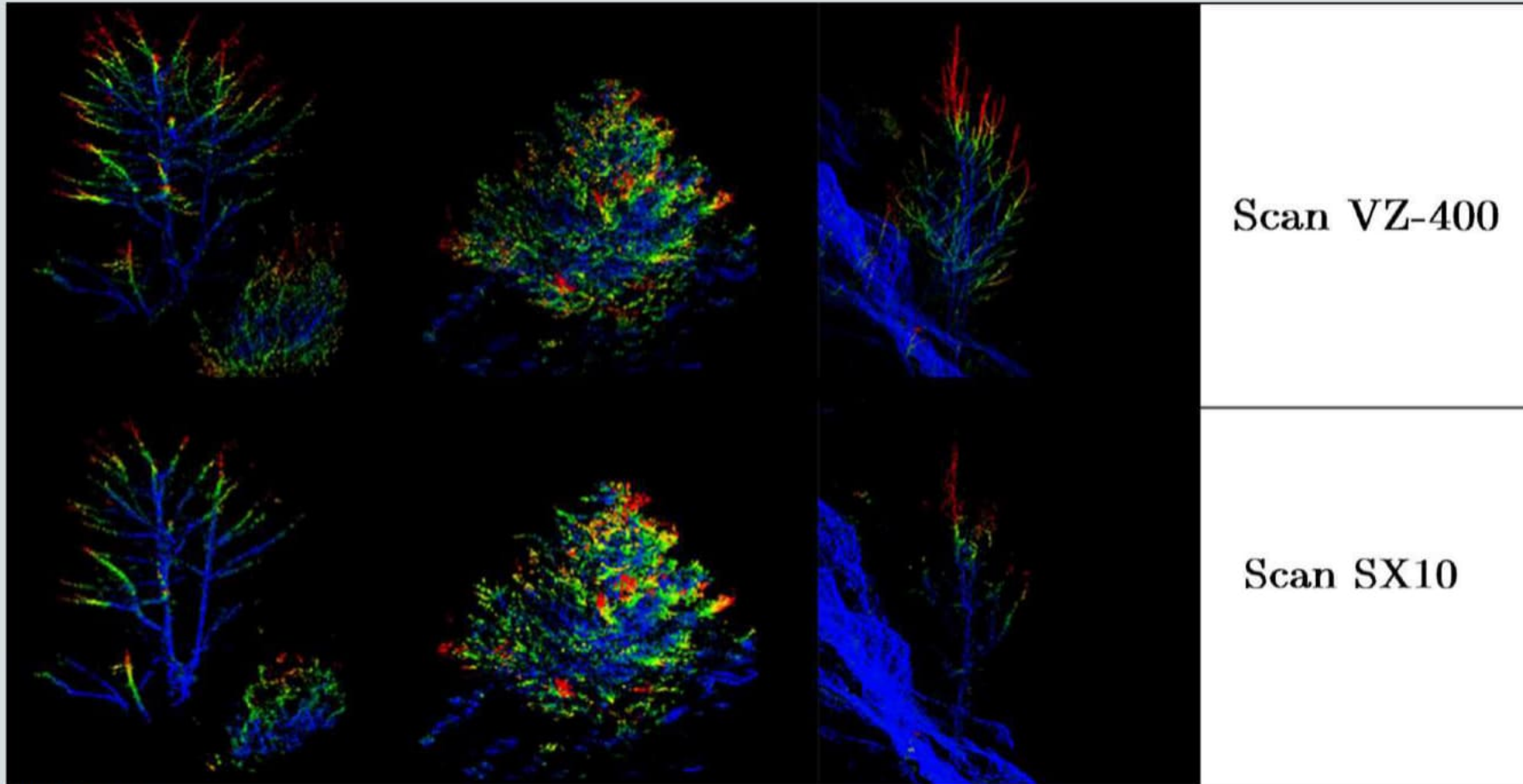
# ANALYSE DER MASSENVERÄNDERUNGEN



Erster Vergleich zeigt, dass keine großräumigen Veränderungen über 1 cm vorliegen

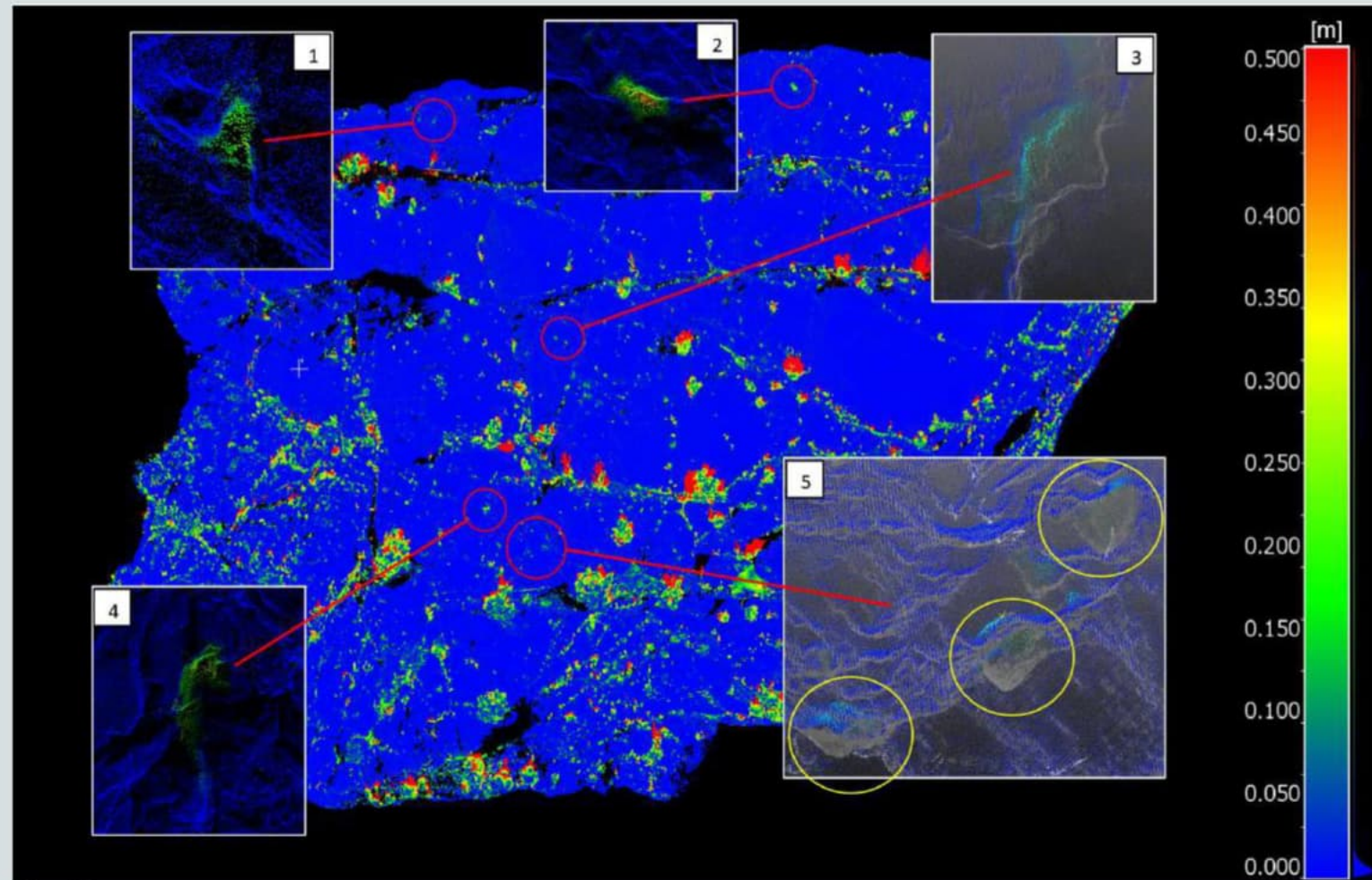


# ANALYSE DER MASSENVERÄNDERUNGEN



CloudCompare

# ANALYSE DER MASSENVERÄNDERUNGEN

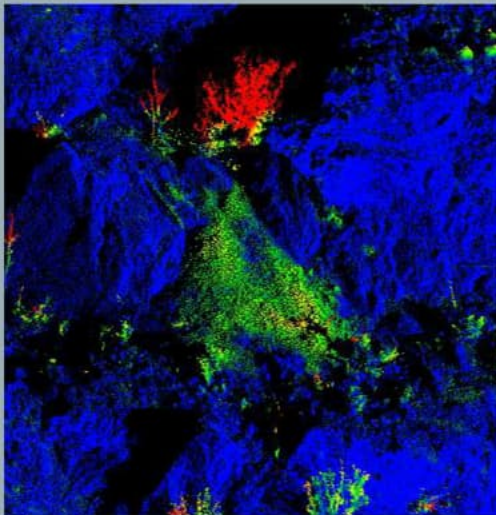


CloudCompare

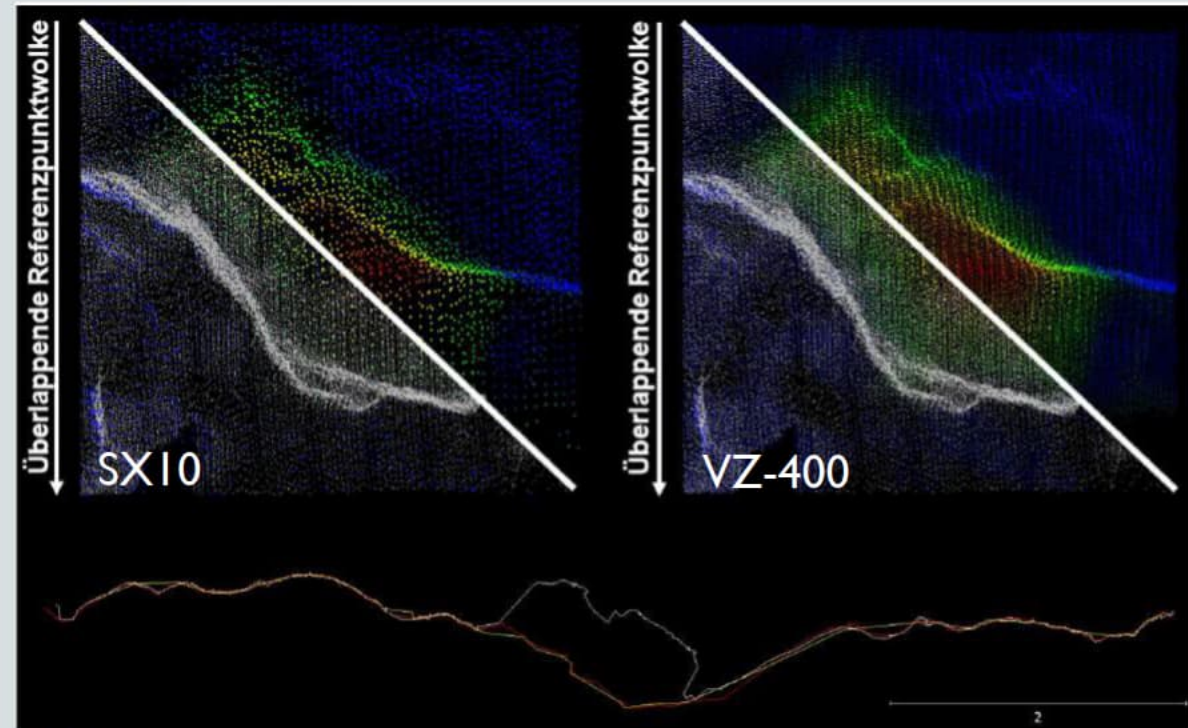


# ANALYSE DER MASSENVERÄNDERUNGEN

- ❖ Volumenberechnung des Stück 2
  - SX10:  $0,371 \text{ m}^3 \rightarrow \text{ICP: } 0,345 \text{ m}^3$
  - VZ-400:  $0,351 \text{ m}^3 \rightarrow \text{ICP: } 0,340 \text{ m}^3$
- ❖ Faustgroße Abbrüche sind erkennbar
- ❖ Schutt ist erkennbar mit ca.  $3,9 \text{ m}^3$



CloudCompare



CloudCompare

# WIRTSCHAFTLICHKEIT



Trimble SX10		Riegl VZ-400
300° x 360°	<b>Gesichtsfeld</b>	100° x 360°
26,6 kHz	<b>Max. Messrate</b>	122 kHz
600 m	<b>Max. Reichweite</b>	600 m
1,5 mgon (5'')	<b>Winkelmessgenauigkeit</b>	0,5 mgon (1,8'')
14 mm	<b>Max. Genauigkeit/100m</b>	4 mm
'sehr fein'	<b>Eingestellte Auflösung</b>	2 cm / 200 m
ca. 50 min	<b>Scandauer NP2</b>	ca. 60 min
ca. 60 min	<b>Scandauer SP2</b>	ca. 70 min
ca. 55 min	<b>Scandauer SP3</b>	ca. 60 min
10 - 35 mm	<b>Punktdichte/Scan</b>	3 - 20 mm



Schnelle Ergebnisse

**Fazit**



Bessere Ergebnisse



# PROBLEME UND HERAUSFORDERUNGEN

- ❖ Topographie → ungünstige Netzkonfiguration
- ❖ Vegetation → Sichtsperrern
- ❖ Terrestrische Messung → Lückenenstehung
- ❖ Relativ hoher Zeit- und Arbeitsaufwand



CloudCompare

## FAZIT

- ❖ Erfolgreiche Erfassung der Felswand mittels Laserscanning
- ❖ Detektierung von Massenveränderungen
- ❖ Analyse von Volumen einzelner Felsabbrüche
- ❖ Vergleich der Wirtschaftlichkeit zwischen scannenden Tachymeter und Laserscanner



Weitere Messung mit scannenden Tachymeter notwendig zum Vergleich!