

# Zustandsmonitoring von Bahnanlagen mittels Lichtwellenleiter

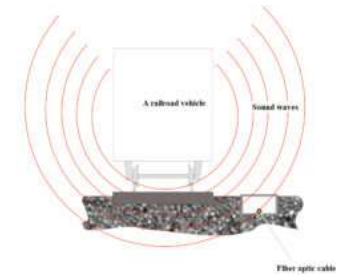
ÖVG-Tagung Salzburg 8./9. Mai 2023

Michael Brauner, ÖBB-Infrastruktur AG  
Werner Lienhart, TU-Graz



# Bereich Fahrweg – Monitoring mit Lichtleiter bisher

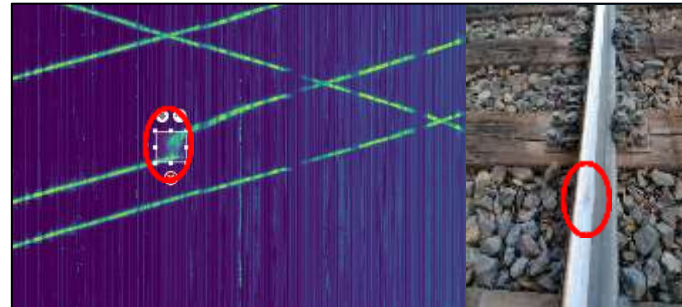
Basieren auf dem Prinzip des Distributed Acoustic Sensing (DAS)



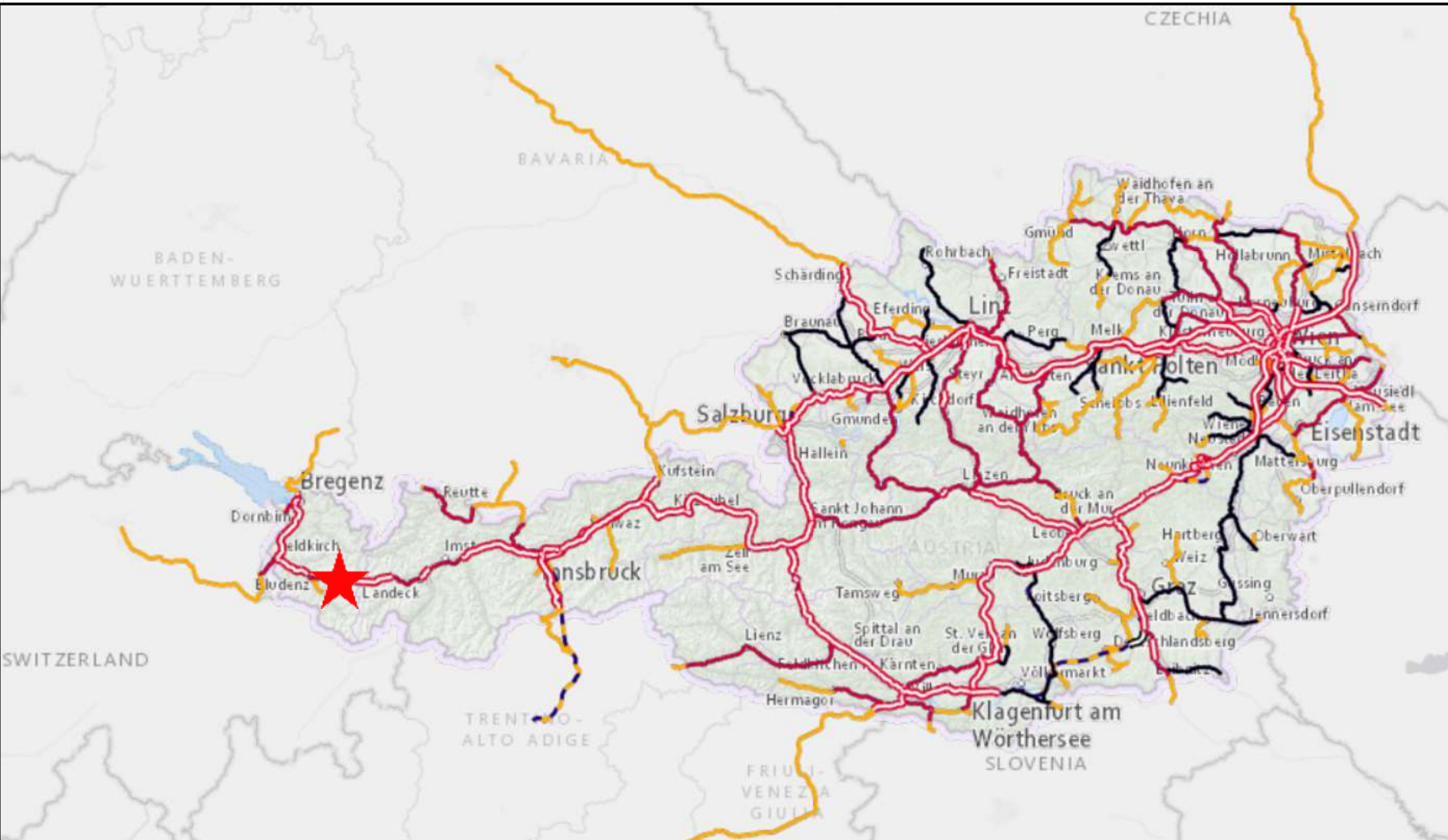
**Steinschlagdetektion:** Testanwendung Donauuferbahn. Bisher positiv, Problem Umwelteinflüsse, Bautätigkeit auf der Strecke

**Dokumentation Flachstellen Schiene:** Wurden teilweise erkannt - aber Fehlalarme Problem der inhomogenen Sensorlage entlang der Strecke

**Kurzschluss Oberleitung:** Langzeittest auf der Weststrecke. Positive Ergebnisse



# Problemstellung Arlbergstrecke, Bereich Löcherwald (Dalaas)





# Problemstellung Arlbergstrecke, Bereich Löcherwald (Dalaas)





# Bereich Löcherwald (Dalaas) - Maßnahmen

- Stabilisierung Unterbau + Monitoring
- Schutzbauten Naturgefahren



# Labortests sowie Großversuch

Vorgabe: Monitoring der Maßnahmen (Einbauten + Strecke)

- Gleisunterbau
  - Hohlräume in gipsführenden Schichten < 60cm
  - Unter gesamten Gleisrost, längs und quer
  - Meldung von relevanten Absenkungen
  - Erweiterbar und resilient

## Labor und Großversuch

- Messung des Verformungsverhaltens der Geogitterschicht
- LWL an Geogitter zwischen Unterbau - Tragschicht
- Eignung unterschiedlicher LWL-Messkabel, Befestigungen
- Unterschiedliche Belastungsart





- Probedamm mit 4 Lagen
- Geogitter zwischen Lage 2 und 3
- 6 Luftkissen für die Erstellung kontrollierter Hohlräumen

The drawing consists of two parts: a plan view (Grundriss) and a longitudinal section (Schnitt A-A).

**Grundriss (Plan View):** Shows the layout of the tunnel with a total width of 1000 units. The layout includes a central track area (Gleisfeld 250x2100) and side areas (Böschung 5:1 als Rampe). The plan view is divided into sections A through F, with a total length of 2400 units. The plan view also shows the location of the tunnel entrance (X) and exit (Δ).

**Schnitt A-A (Longitudinal Section):** Shows the cross-section of the tunnel. The total width is 1000 units. The section is divided into three main parts: a left side (600 units), a central track area (2400 units), and a right side (600 units). The track area is further divided into sections A through F. The section shows the location of the tunnel entrance (X) and exit (Δ), and the location of the tunnel boring machine (TBM) at the entrance.

# Herstellung des Probedammes

## Lage 1 und 2

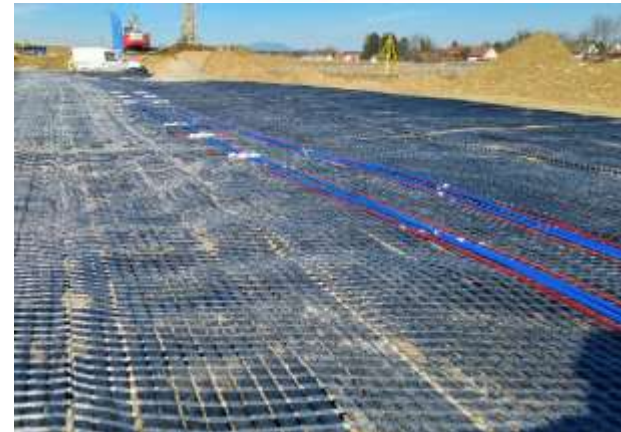
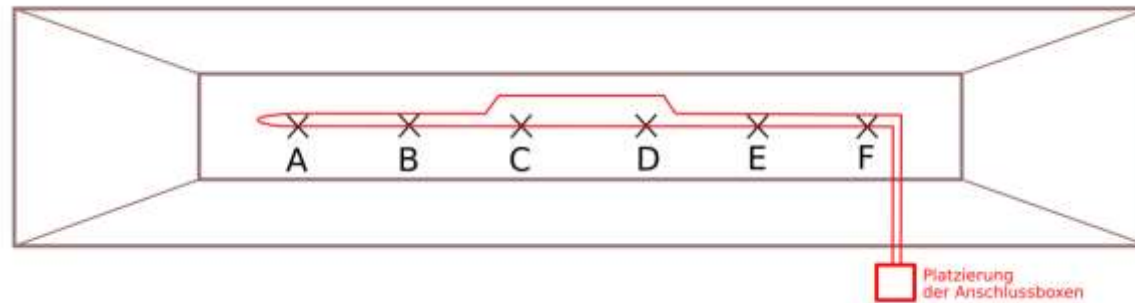
- 3 Druckkissen (32 cm x 32 cm)
- 3 Druckkissen (47 cm x 52 cm)





## Geogitter und Faser

- Ausrollen der Geogitter
- Auslegen der Glasfasern und Verbindung mit Kabelbindern bzw. Klemmen



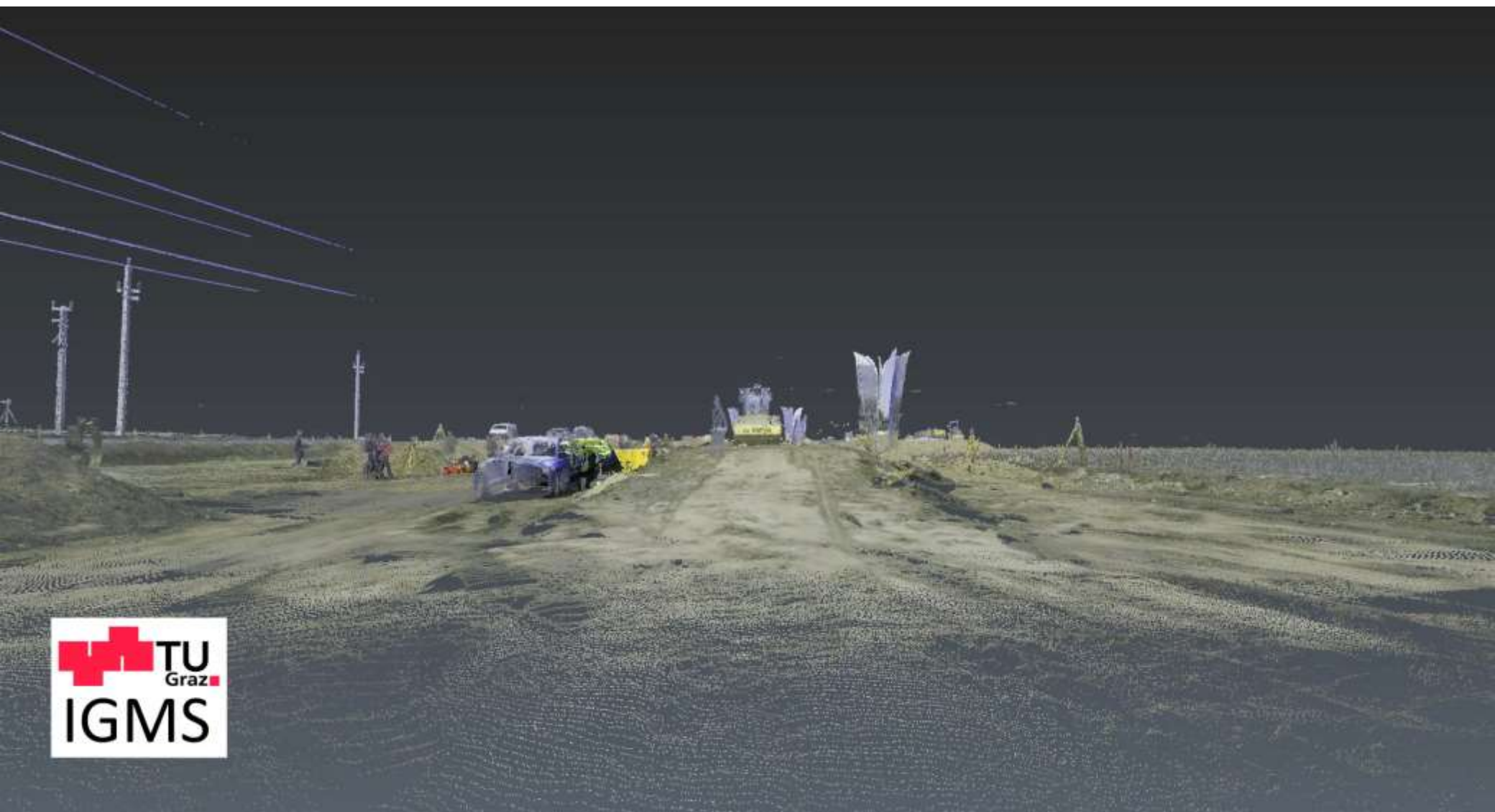
## Lage 3 und 4

- Aufbringen und verdichten von Lage 3 und 4
- Alle Fasern intakt
- Einmessung des Dammes mit Totalstation und Laserscanner während verschiedener Bauphasen





# Fertiggestellter Damm mit faseroptischen Kabeln



## Rayleigh (High Res. DSS, DAS)

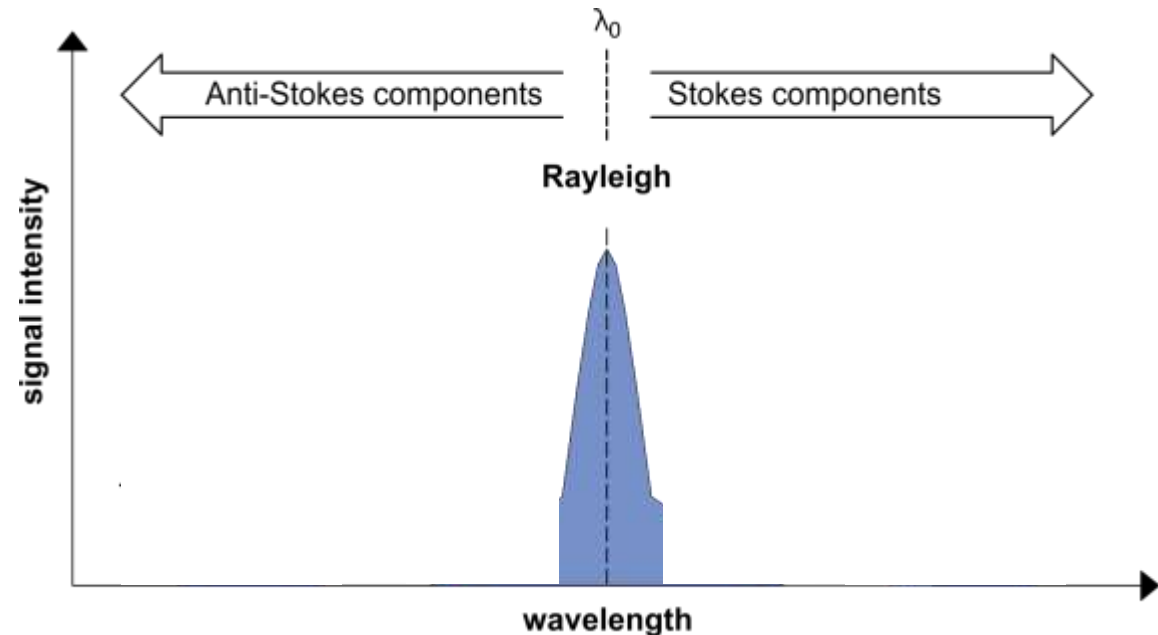
- Präzision  $\leq 1 \mu\text{m/m}$ ,  
 $\leq 0.1 \text{ K}$
- Räumliche Auflösung  $\leq 10 \text{ mm}$  | **m**
- Reichweite  $\leq 100 \text{ m}$  | **100 km**

## Brillouin (DSS + DTS)

- Präzision  $\leq 20 \mu\text{m/m}$   
 $\leq 1 \text{ K}$
- Räumliche Auflösung:  $0.1 - 2 \text{ m}$
- Reichweite  $\leq 50 \text{ km}$  (100 km)

## Raman (DTS)

- Präzision:  $0.01 - 1 \text{ K}$
- Räumliche Auflösung:  
 $0.1 - 2 \text{ m}$
- Reichweite bis zu  $50 \text{ km}$





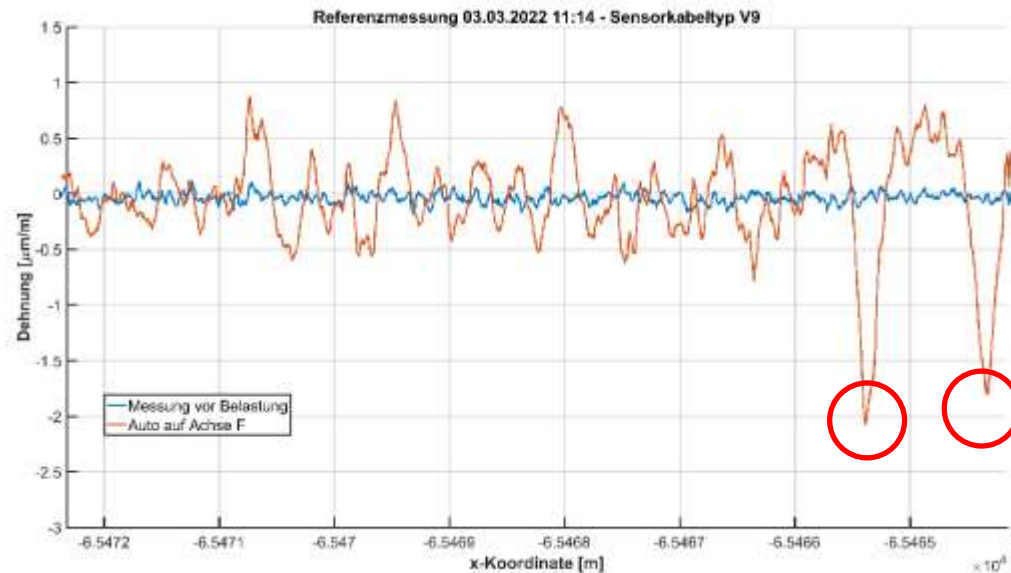
## Versuche mit PKW

- PKW stehend mit Vorderachse auf jedem der Druckkissen
- Bei jeder Achse Durchführung von faseroptischen Messungen
- Tracking des PKWs mittels Totalstation



## Versuche mit PKW

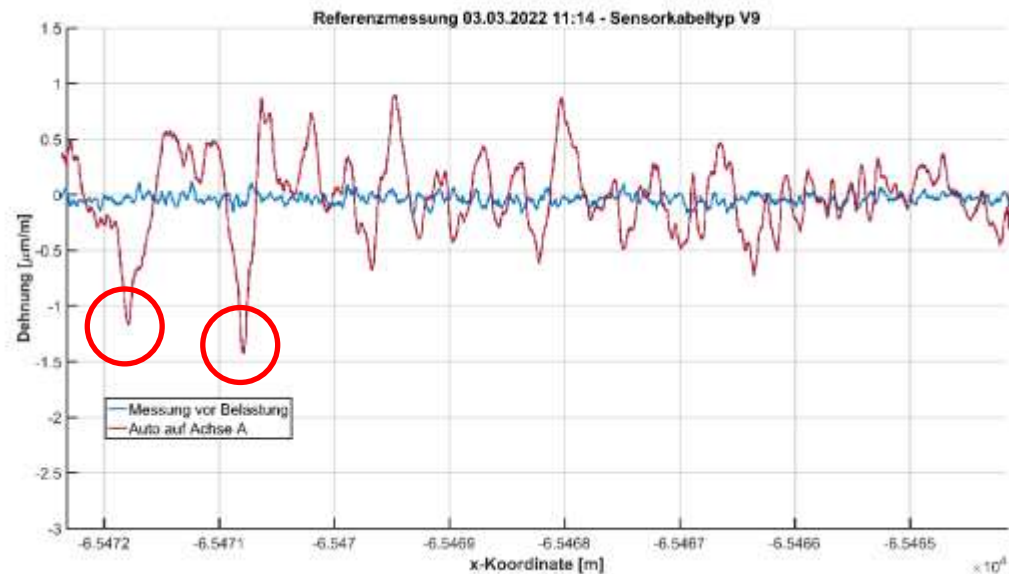
- Messung vor Belastung
- Nach 4 x PKW Fahrt
- Stehender PKW (Achse F)
  - 2 Peaks erkennbar
  - Abstand der Peaks entspricht dem Radabstand





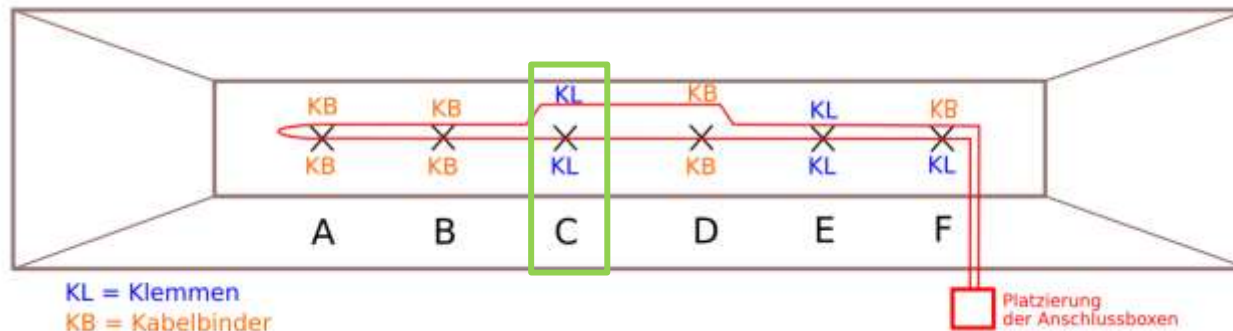
## Versuche mit PKW

- Stehender PKW
- 2 Peaks erkennbar
- Abstand der Peaks entspricht dem Radabstand



## Ablauf

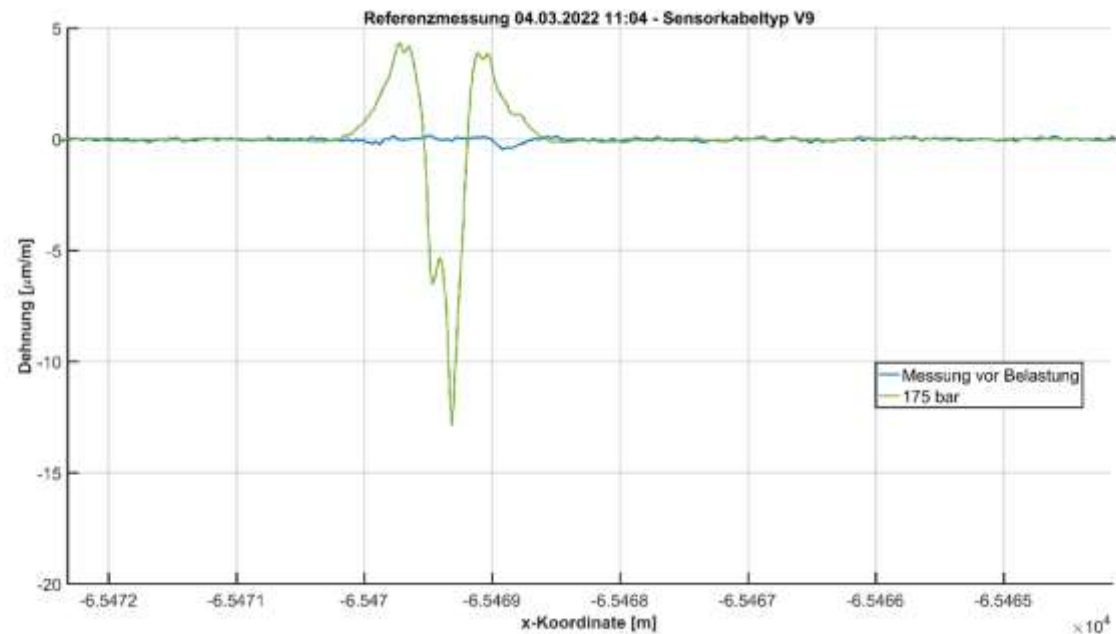
- Aufbau einer Lastplatte über Druckkissen in Achse C
- Druck Kissen 5 bar
- Variation des Drucks von 0 bar auf 50 bar, 75 bar, 125 bar, 175 bar und Entlastung auf 0 bar
- Durchführung von faseroptischen Messungen auf jeder Laststufe





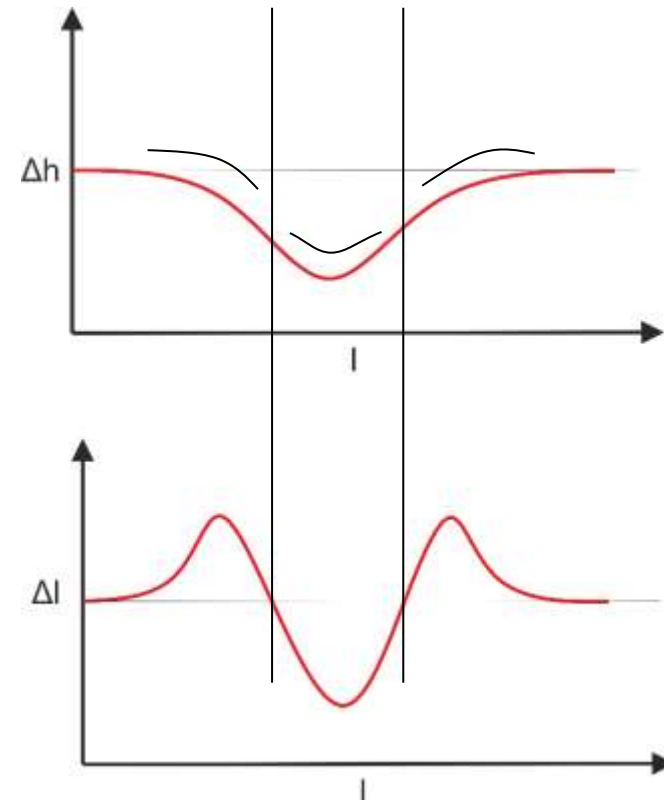
## Belastung

- Messung vor Belastung
- Lastplatte 50 bar
- Lastplatte 75 bar
- Lastplatte 125 bar
- Lastplatte 175 bar



## Zusammenhang Setzung - Dehnung

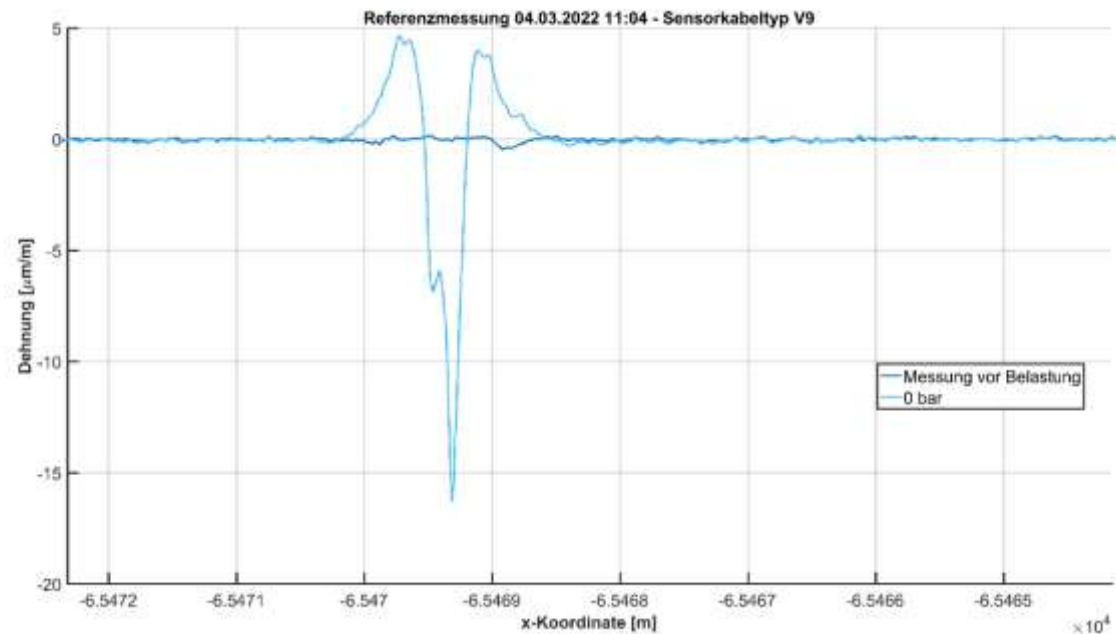
- Setzungsmulde führt zu Wechsel von positiver und negativer Dehnung





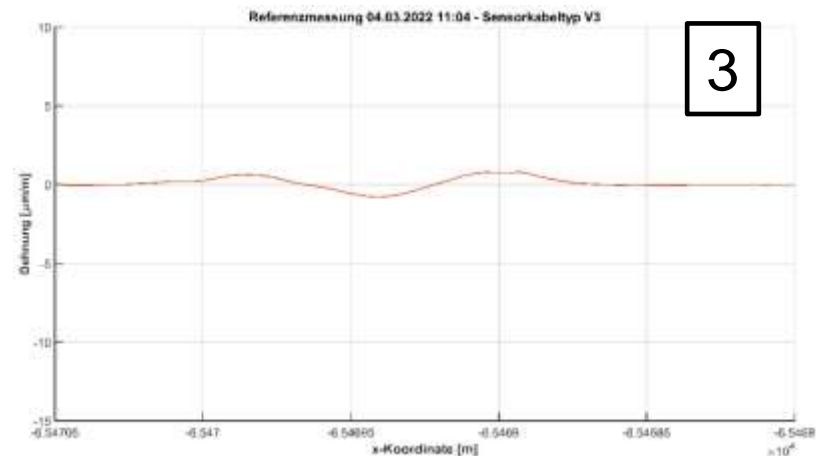
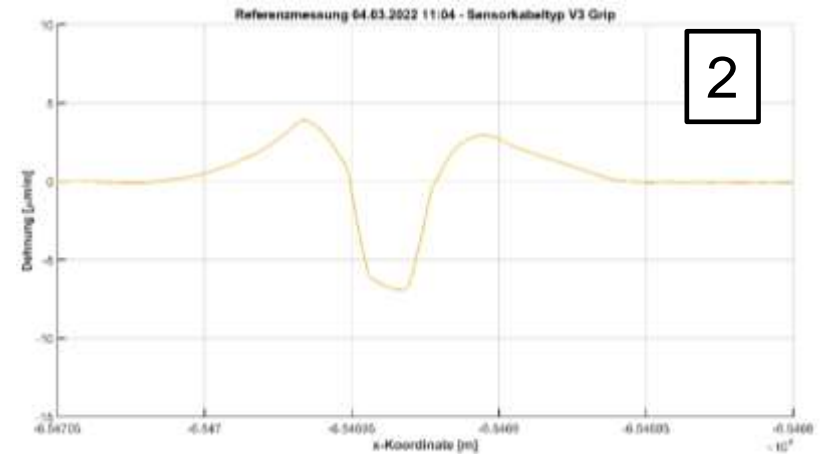
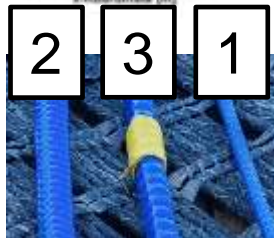
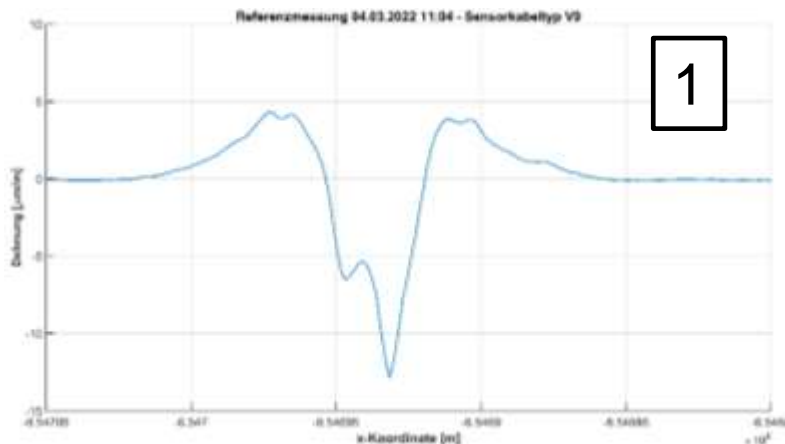
## Messungen nach der Belastung

- Lastplatte 0 bar
  - Stauchung bleibt -> bleibende Deformation des Untergrundes



## Gemessene Deformationen

- Robusteres Kabel führen zu einer starken Verschmierung des Signals





## Faseroptische Erfassung von Hohlräumen

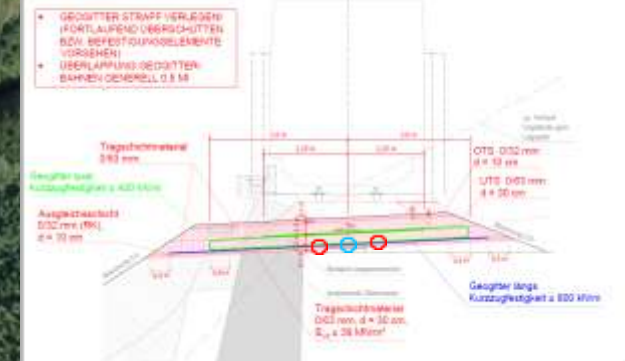
- Hochauflösende Dehnungsmessungen sind geeignet um Hohlräume zu detektieren
- Entscheide Komponenten
  - Wahl des Messverfahrens
  - Steifigkeit des Messkabels
  - Art der Verbindung mit dem Geogitter



# Monitoring Bereich Löcherwald – ab Bausperre 2023



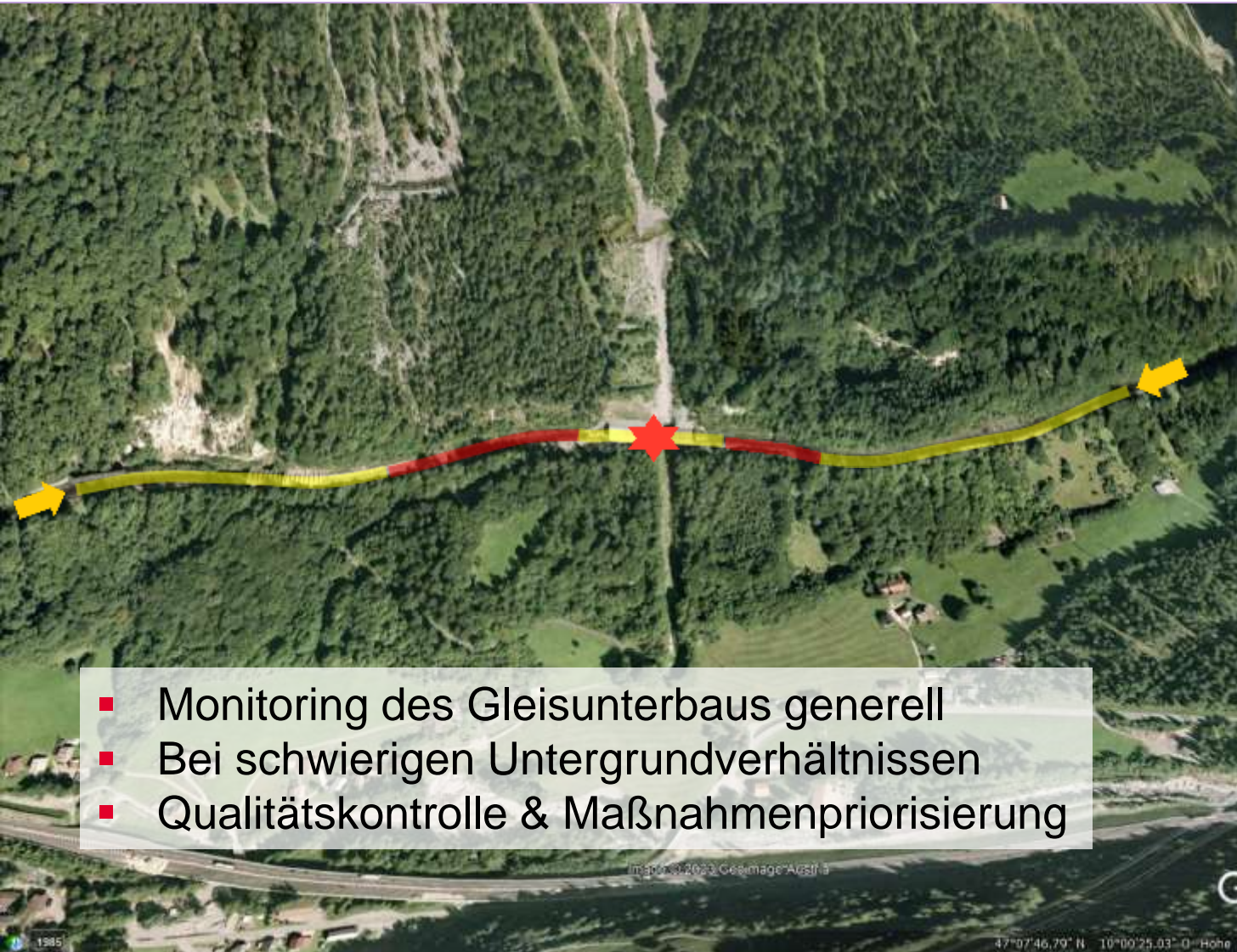
- Monitoring der Bewehrung mehrmals täglich
- Dokumentation des Verformungsverhaltens



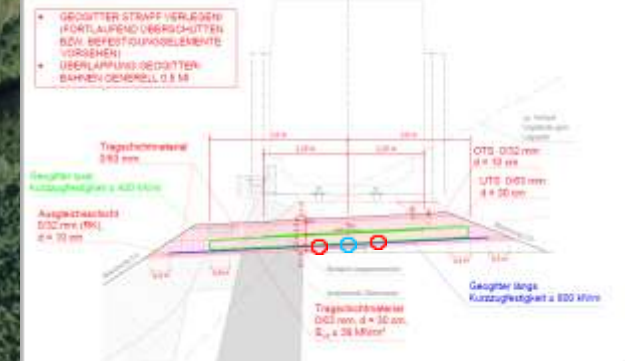
**Bewehrte Tragschicht**



# Monitoring Bereich Löcherwald – ab Bausperre 2023



- Monitoring des Gleisunterbaus generell
- Bei schwierigen Untergrundverhältnissen
- Qualitätskontrolle & Maßnahmenpriorisierung



**Bewehrte Tragschicht**



# Danke für die Aufmerksamkeit!

Michael Brauner [michael.brauner@oebb.at](mailto:michael.brauner@oebb.at)

Werner Lienhart [werner.lienhart@tugraz.at](mailto:werner.lienhart@tugraz.at)

