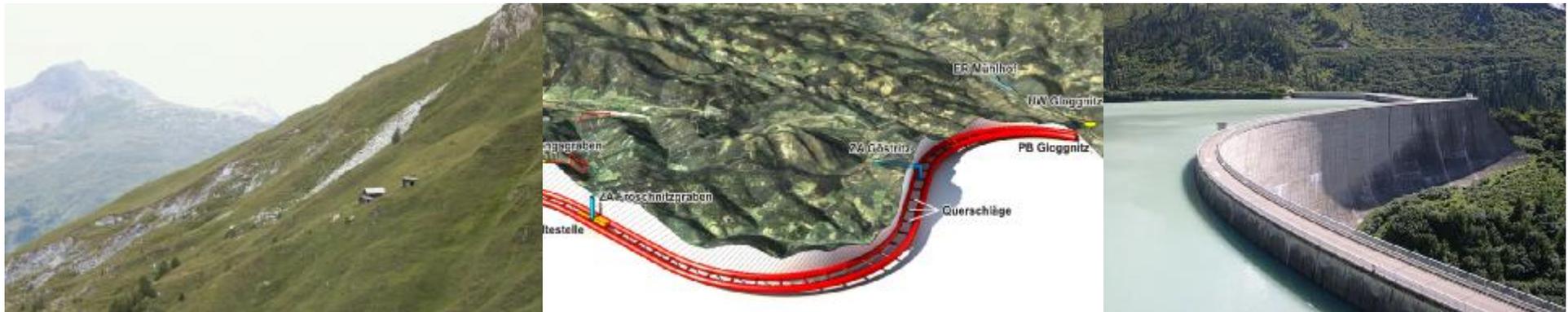


# Hangrutschungen, Tunnelbauten und Pumpspeicherkraftwerke



## Aktuelle ingenieurgeodätische Herausforderungen in Österreich

Werner Lienhart

# IGMS Projekte in Österreich





# Hangrutschungen



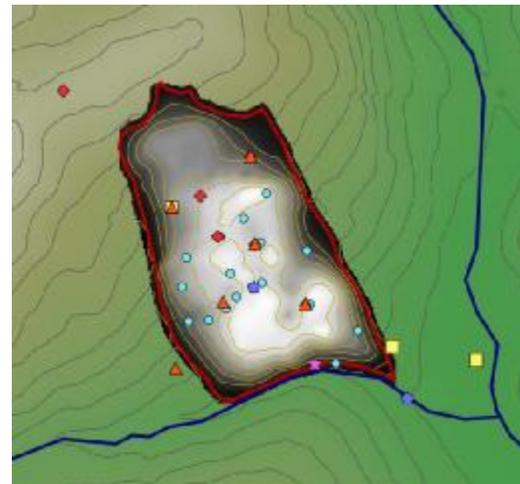
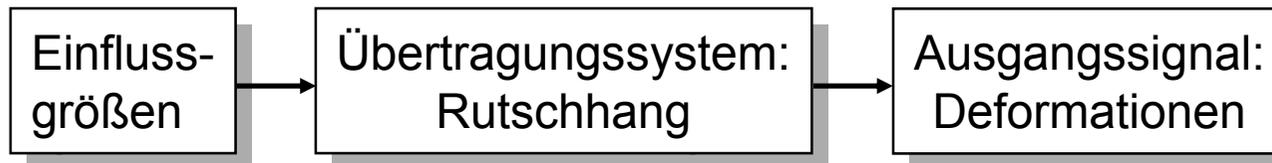
## Das Gradenbachobservatorium

# Historische Ereignisse

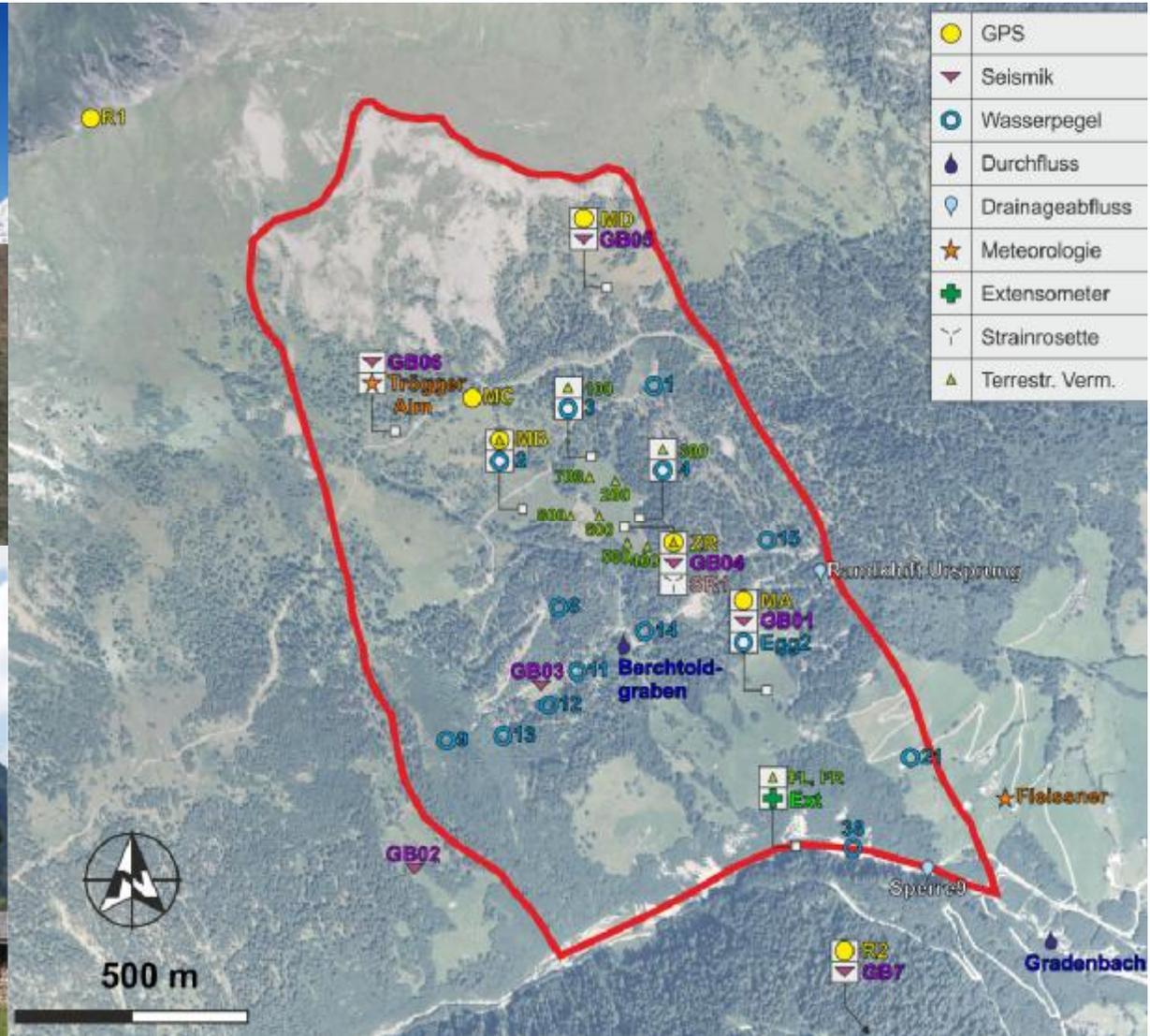
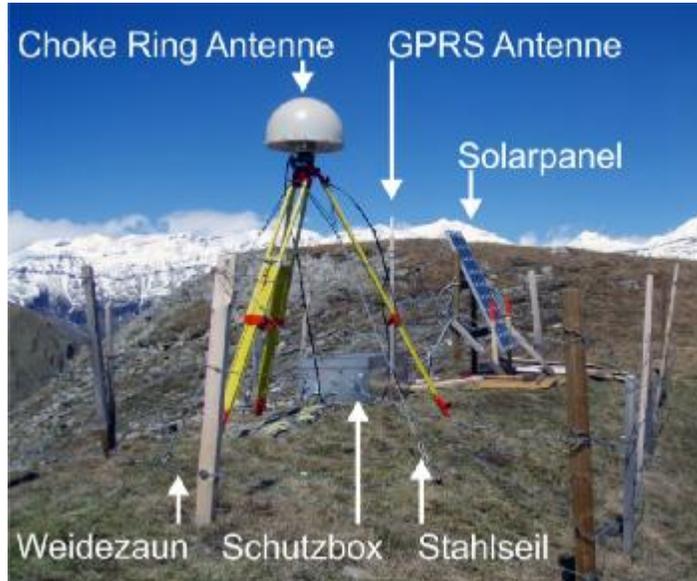


*([www.naturgefahren.at](http://www.naturgefahren.at))*

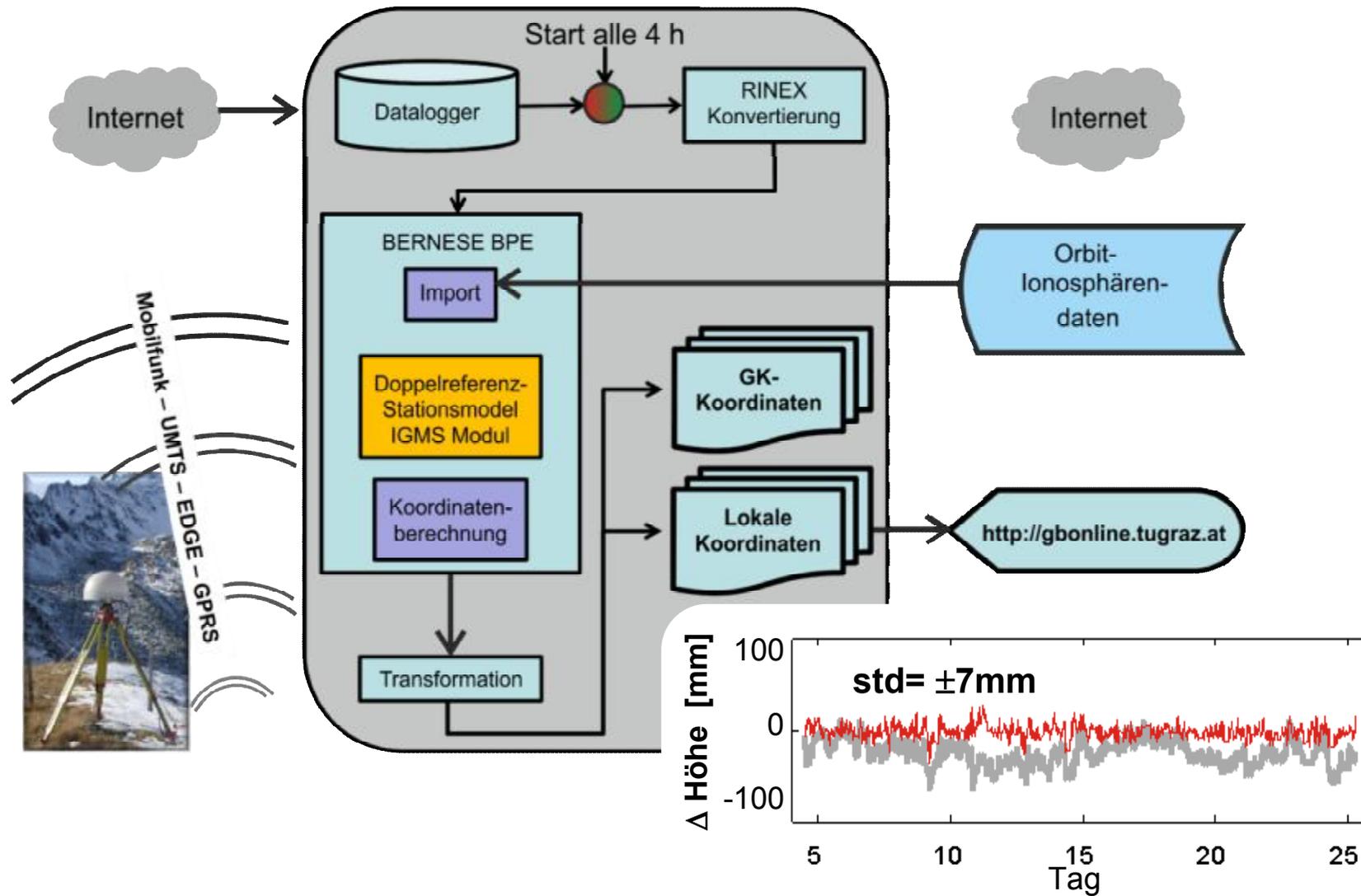
# Systembetrachtung



# Das Gradenbachobservatorium



# GNSS Messungen



# Gradenbach Observatorium Online

<a href="#">START</a>	<a href="#">General Description</a>	<a href="#">Deformation Monitoring</a>	<a href="#">Seismic Monitoring</a>	<a href="#">Climate / Hydrology</a>	<a href="#">Literature</a>	<a href="#">Data Export (Login)</a>
-----------------------	-------------------------------------	--	------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------	-------------------------------------

**Welcome to the Gradenbach Observatory**








**Operated by**



Graz University of Technology  
Institute of Engineering Geodesy and Measurement Systems



Federal Research for Forests  
Department of Natural Hazards



Vienna University of Technology  
Department of Geodesy and Geoinformation

**Acknowledgements**

This project is funded by the Austrian Academy of Sciences (OAW) in the project ISDR-2008.

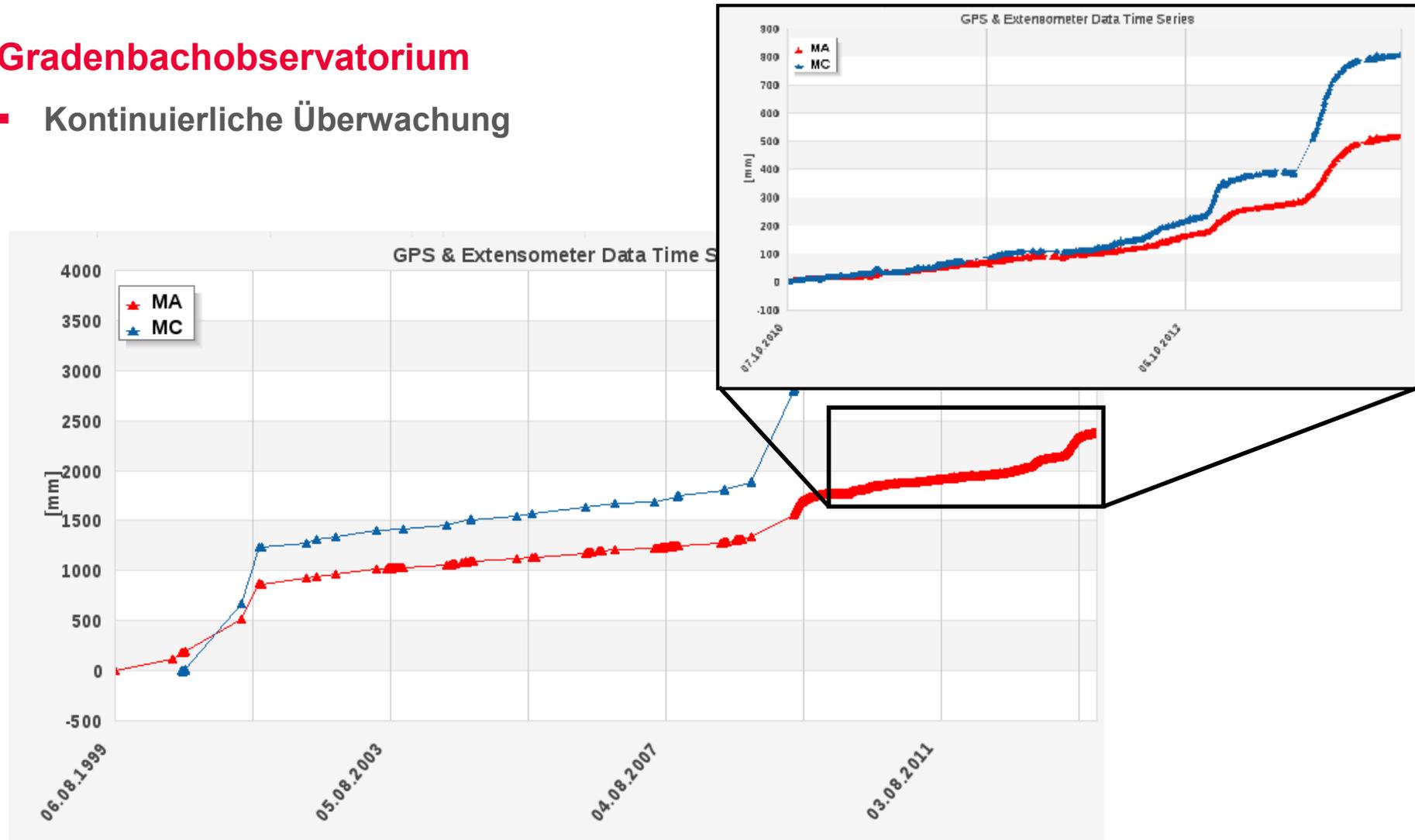


<http://gbonline.tugraz.at>

# Gradenbach Observatorium Online

## Gradenbachobservatorium

- Kontinuierliche Überwachung



# Ingenieurgeodäsie und Naturkatastrophen

## Überwachungsmessungen verhindern keine Katastrophen, aber

- das Schadensausmaß kann reduziert werden
- die Wirksamkeit von Sicherungsmaßnahmen kann verifiziert werden



## Frühzeitige Erkennung von Änderungen des Bewegungsverhaltens

- Zeitgewinn für Evakuierungen und Gegenmaßnahmen



*([www.naturgefahren.at](http://www.naturgefahren.at))*

## Ingenieurgeodätische Herausforderungen

- Neue Auswertemethoden
- Kontinuierliche, hochauflösende Messungen

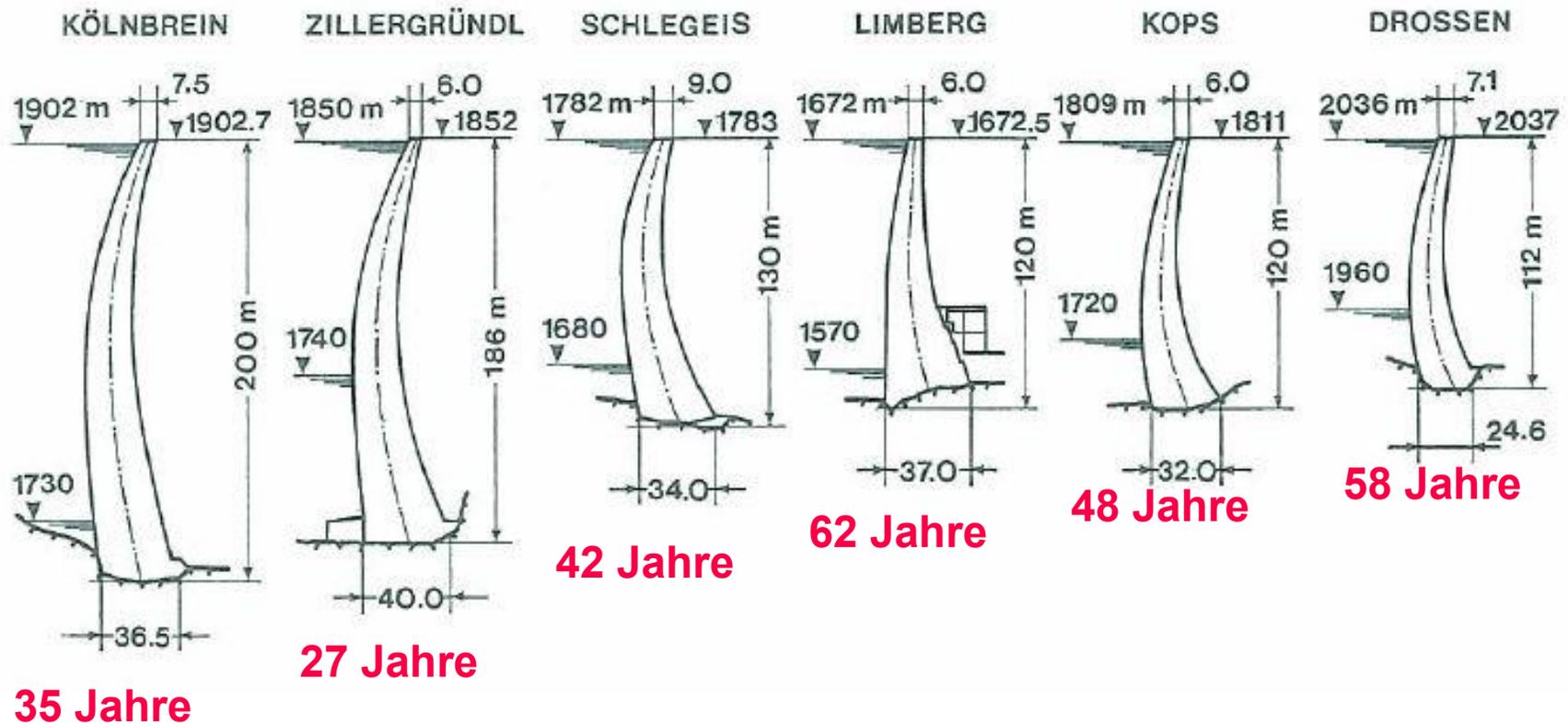
# Pumpspeicherkraftwerke



**Vorarlberger Illwerke AG**

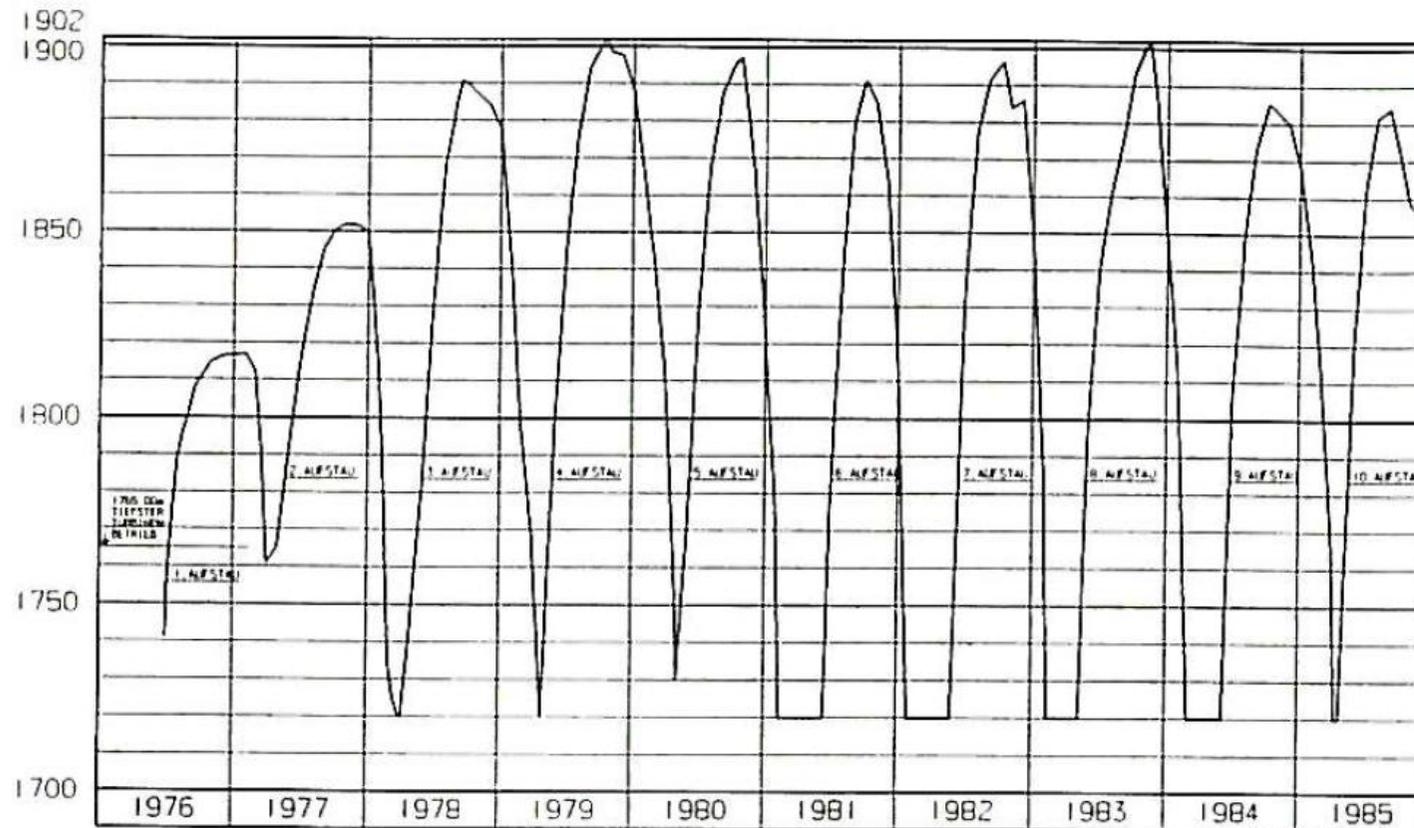
## Die Staumauer Kops

# Alter der Bogenstaumauern in Österreich



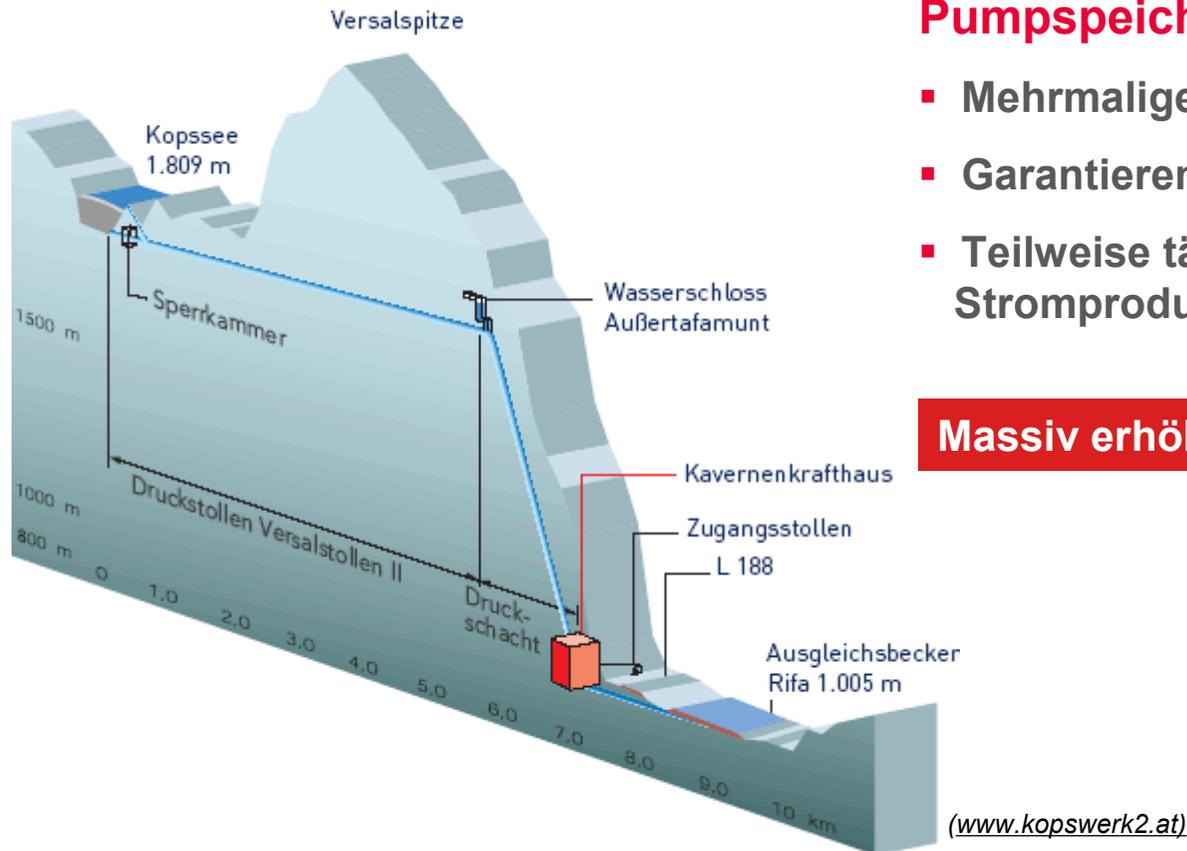
# Klassischer Betrieb

## Stauhöhenverlauf Kölnbreinsperre



(Draukraftwerke, 1991)

# Pumpspeicherbetrieb



## Pumpspeicher

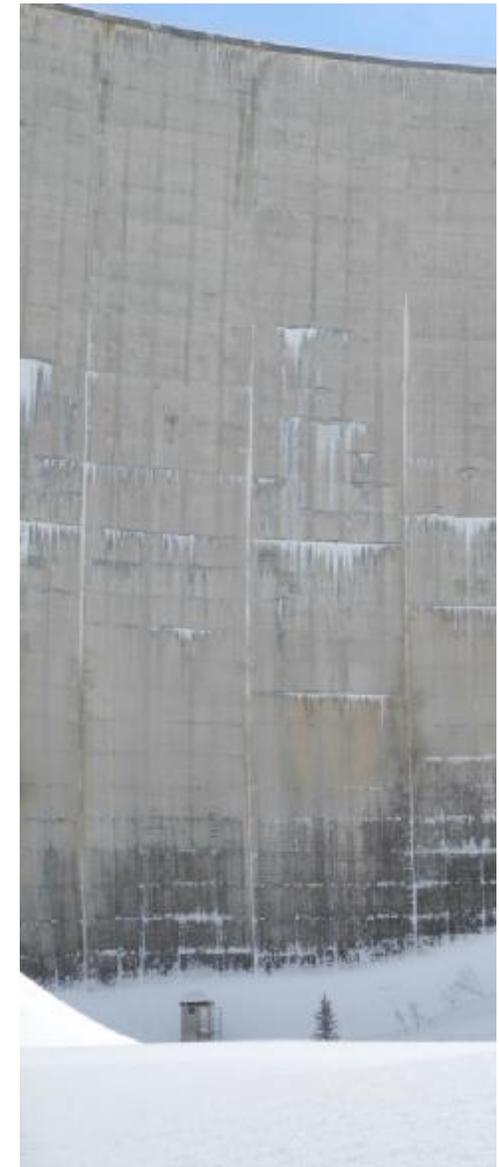
- Mehrmalige Nutzung desselben Wassers
- Garantieren Netzstabilität
- Teilweise täglich mehrmaliger Wechsel von Stromproduktion zu Pumpbetrieb

**Massiv erhöhte Anzahl von Lastwechsel**

# Staumauer Kops

## Technische Daten

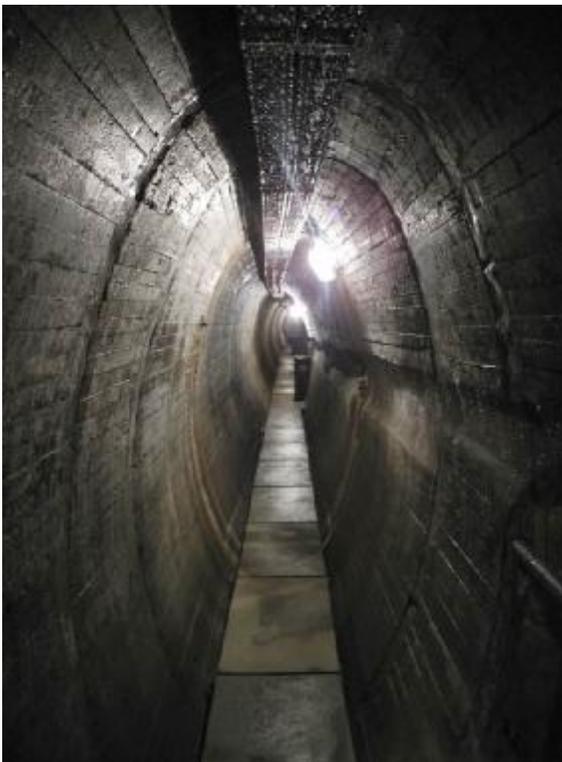
- Staumauer 1965 fertiggestellt
- Größte Höhe: 122 m
- Seit 2008 Pumpspeicherbetrieb



# Blockfugenmessung

## Manuelle Messung

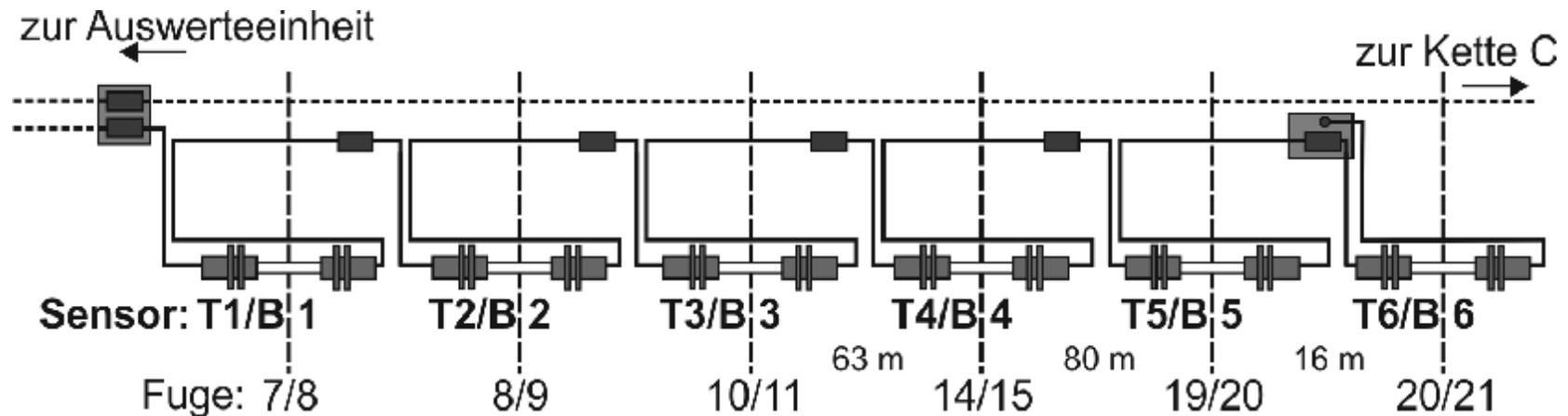
- Messuhren
- Zeitaufwendig
- Präzision personenabhängig (0.02 bis 0.05 mm)



# Faseroptisches Messkonzept

## Sensorketten

- FBG Sensoren
- Dehnungs- und Temperaturmessung
- Auswerteinheit außerhalb der Staumauer



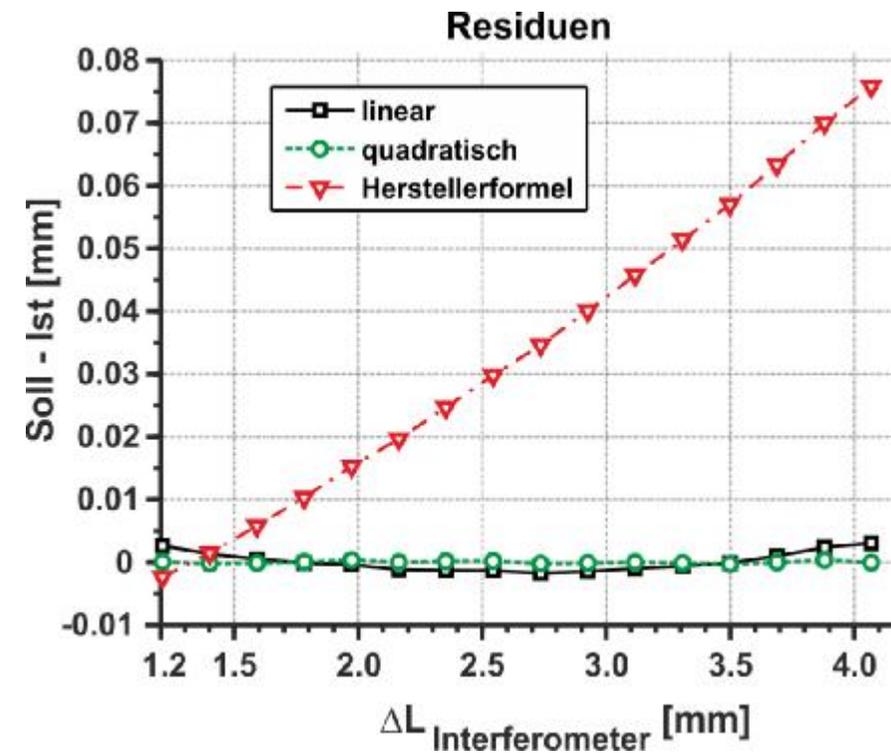
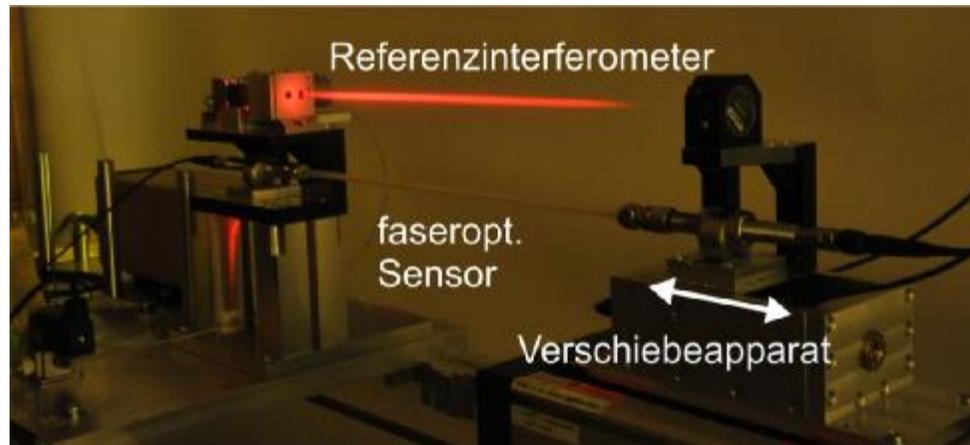
# Kalibrierung

## Kennlinienbestimmung

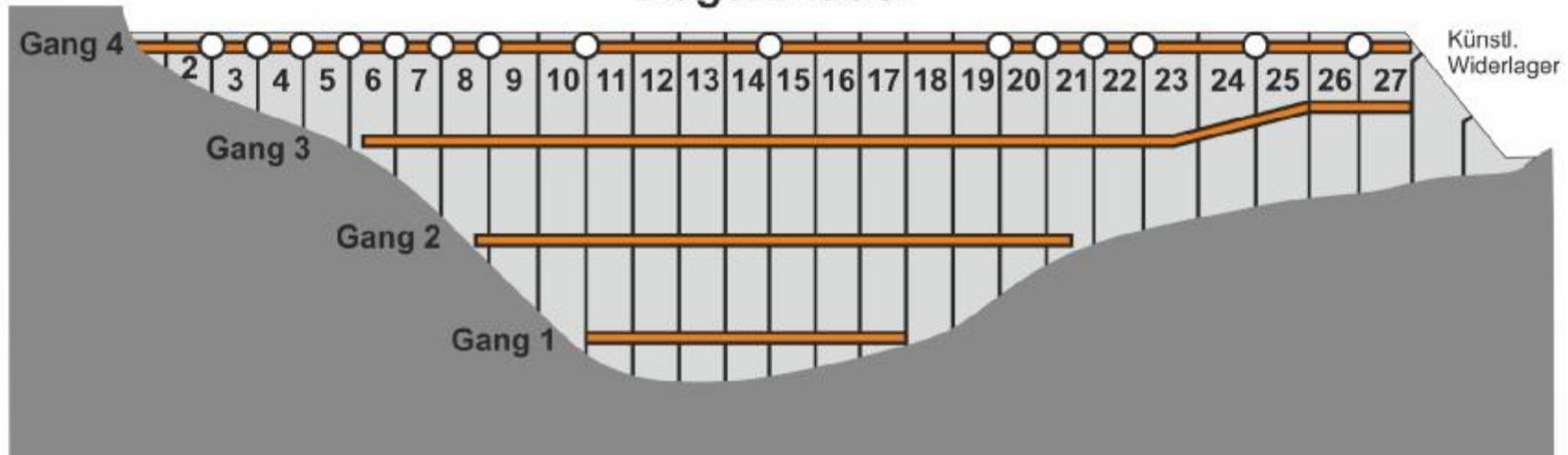
- Primäre Messgröße: Wellenlängenverschiebung  $\Delta\lambda$
- Abgeleitete Größen: Längenänderung  $\Delta L$ , Temperatur T



## IGMS Kalibriereinrichtung



# Installation Bogenmauer



## Installation

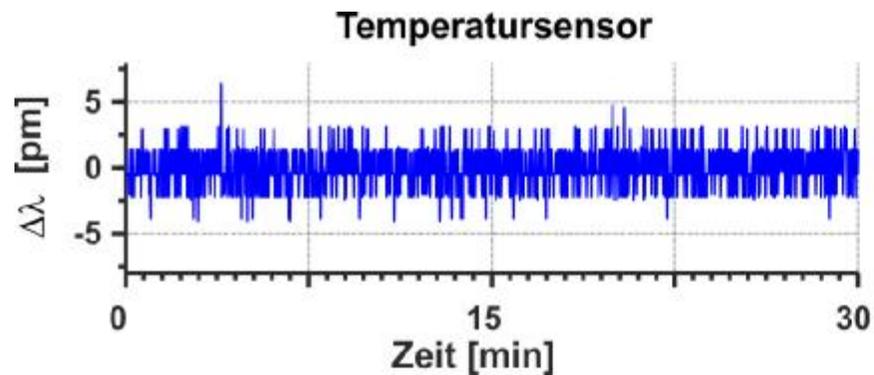
- 15 Messstellen in Gang 4
- Referenzsensor im anstehenden Fels



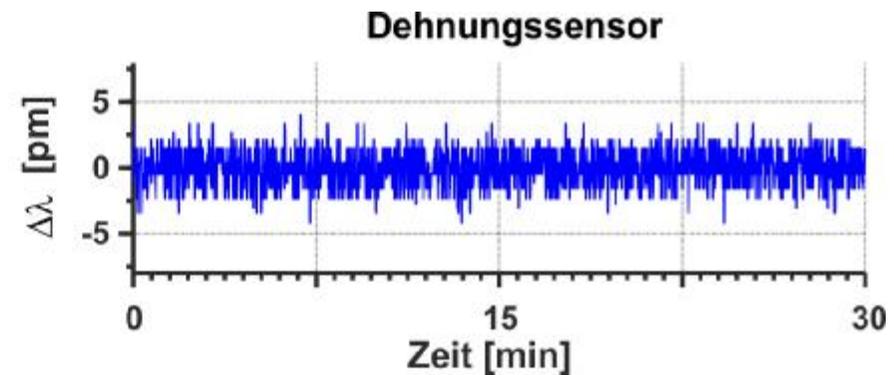
# Erreichbare Präzision

## Referenzsensor

- Messung 30 Minuten mit 1 Hz
- Standardabweichung der Einzelmessung von Temperatur- und Dehnungssensor



Std = 1.4 pm ➡ 0.2 K



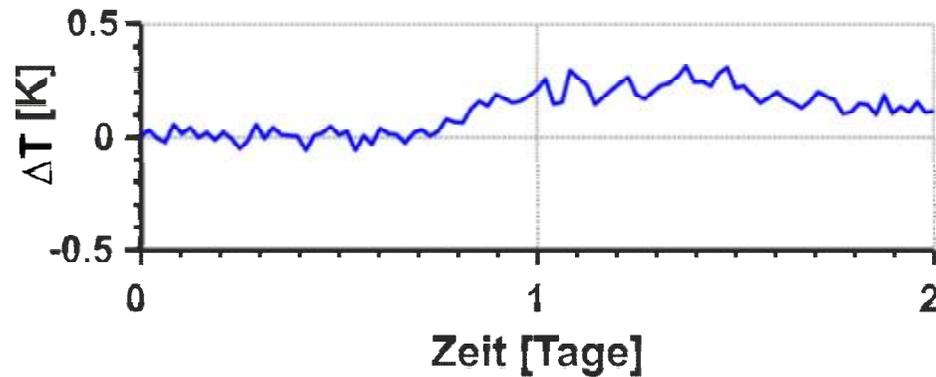
Std = 1.4 pm ➡ 0.4 μm

# Temperatureinfluss

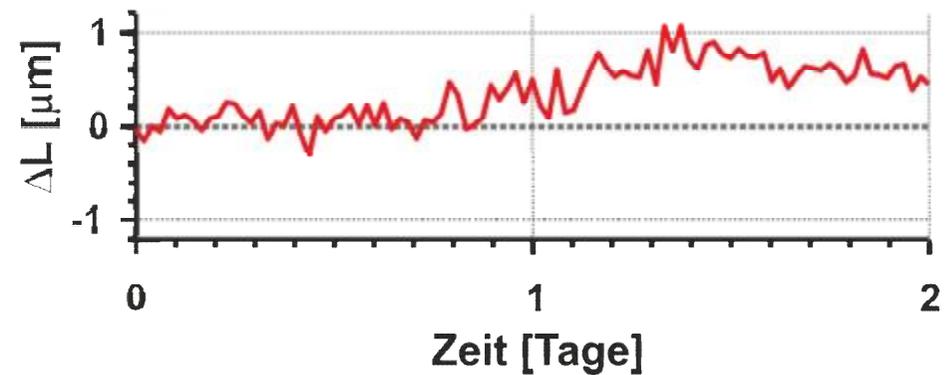
## Referenzsensor

- Messung über 2 Tage

Temperatursensor



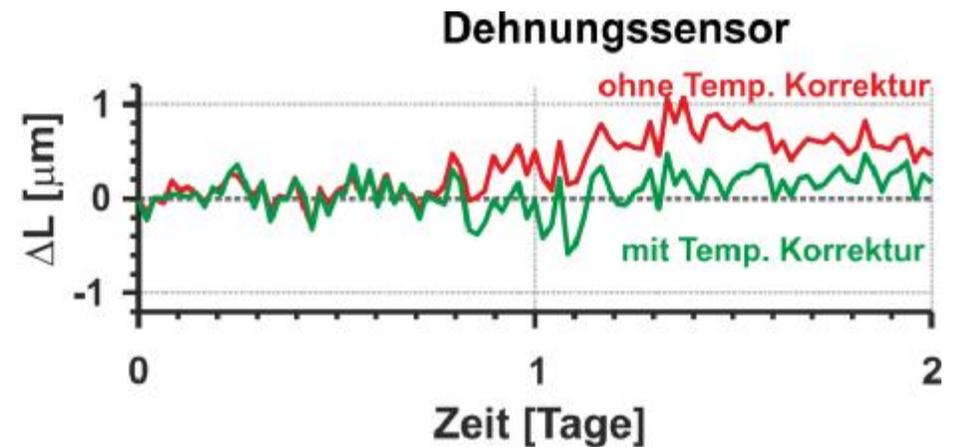
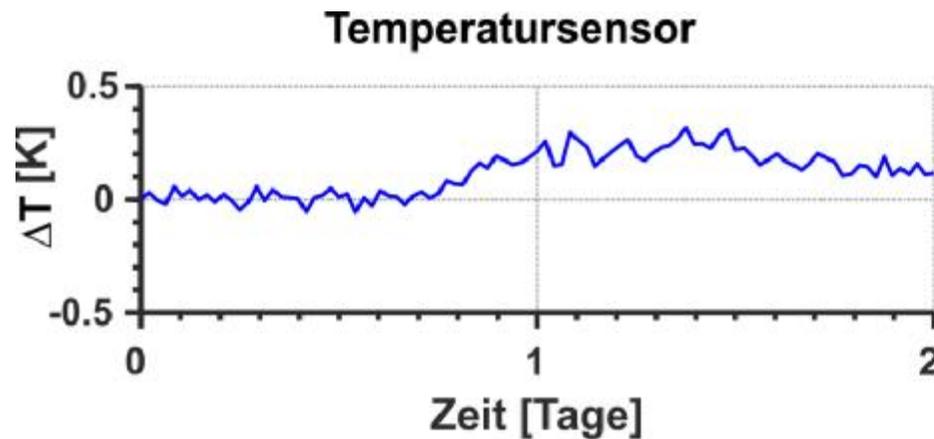
Dehnungssensor



# Temperatureinfluss

## Referenzsensor

- Messung über 2 Tage
- Scheinbare Blockfugenbewegung
- Temperaturkorrektur unbedingt erforderlich



# Blockfugenmessung

## Dauermessung

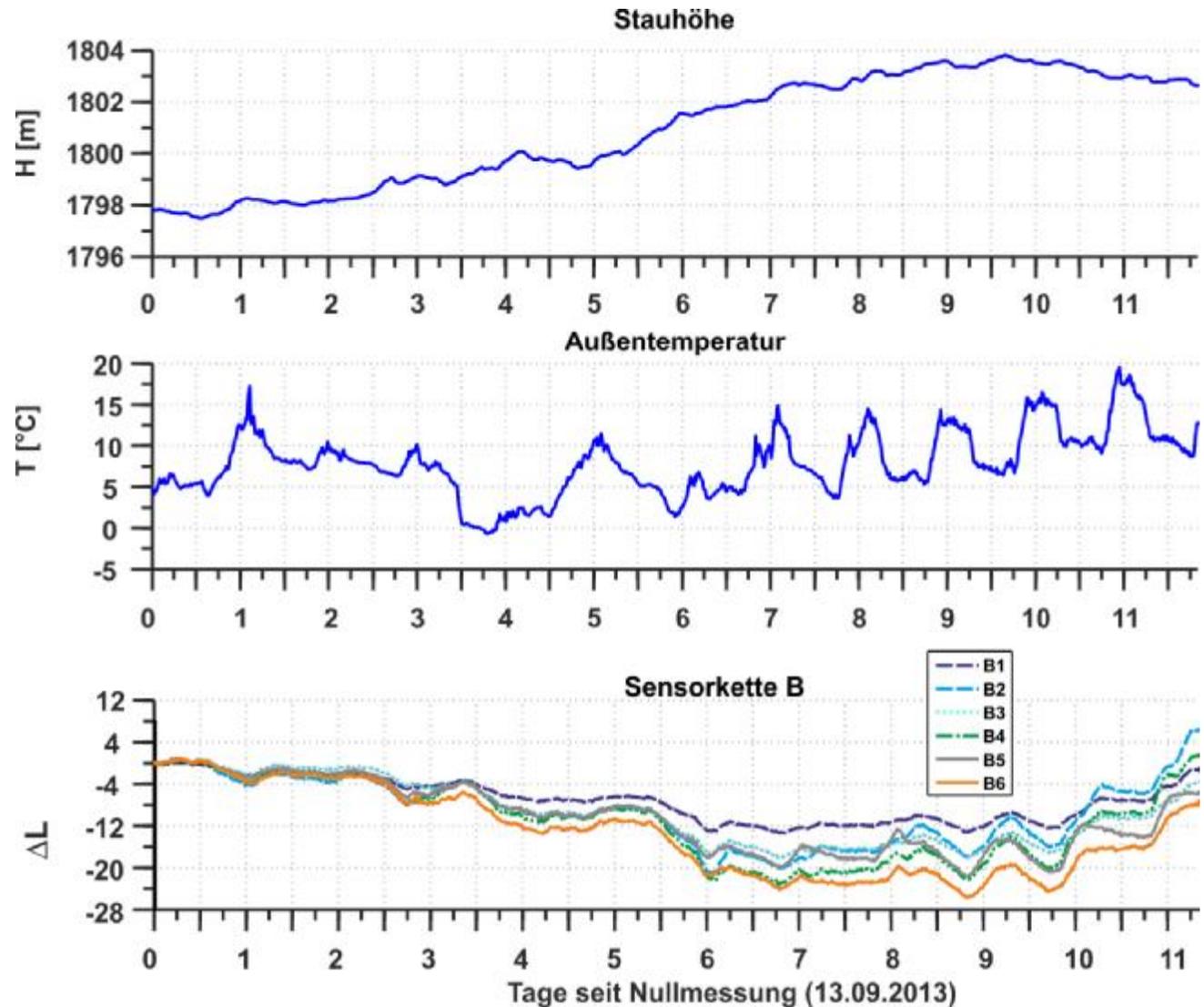
- 11 Tage

## Einflussgrößen

- Stauhöhe
- Temperatur

## Blockfugen

- $\Delta L$  bis zu  $4 \mu\text{m} / \text{m} \Delta H$
- Tagesgänge
  - Amplitude bis zu  $4.5 \mu\text{m}$



# Ingenieurgeodäsie und Infrastrukturbauten

## Alternde Infrastruktur

- Sicherer Betrieb nur durch kontinuierliches Monitoring möglich

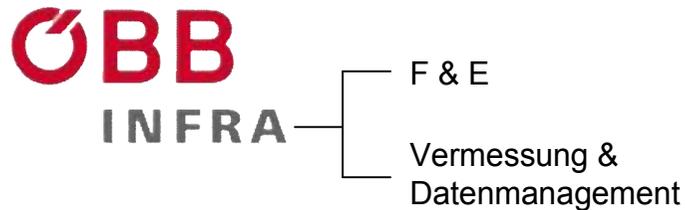
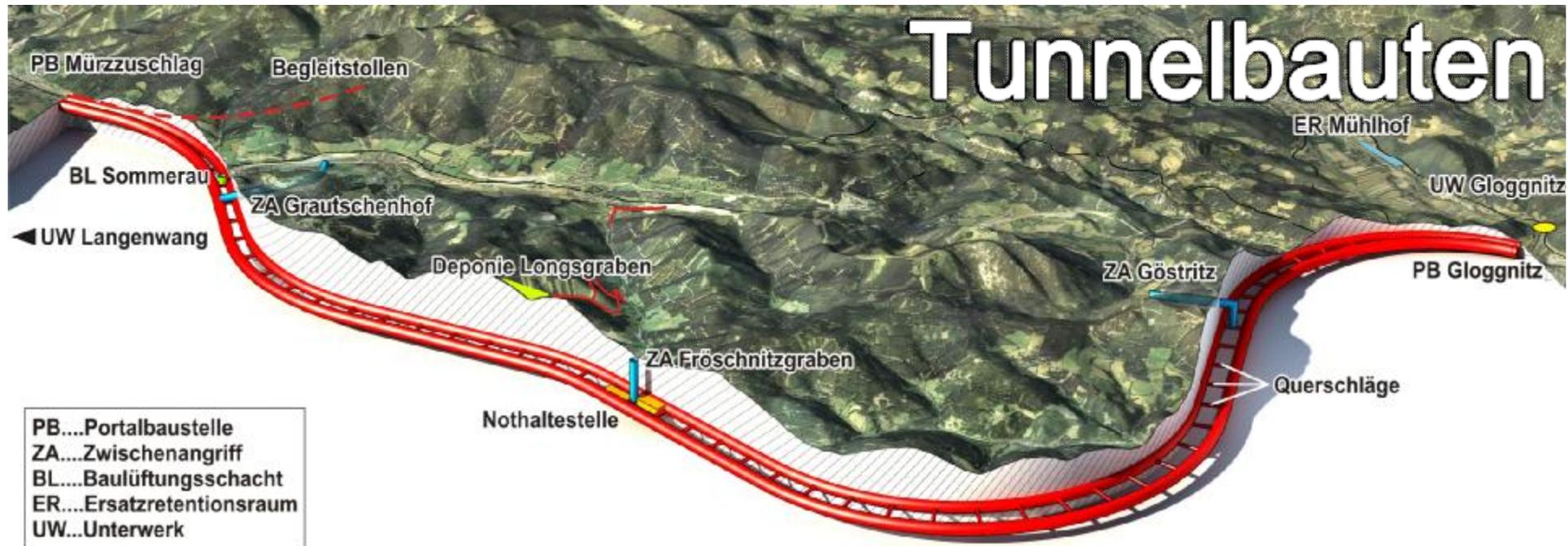
## Geänderte Betriebsarten

- Erfordern angepasste Überwachungsmethoden
  - Kontinuierliche Überwachung
  - Hohe Messauflösung

## Ingenieurgeodätische Herausforderungen

- Neue Sensoren mit unbekanntem Systemverhalten
- Neue Kalibriereinrichtungen
- Geeignete Messkonfigurationen



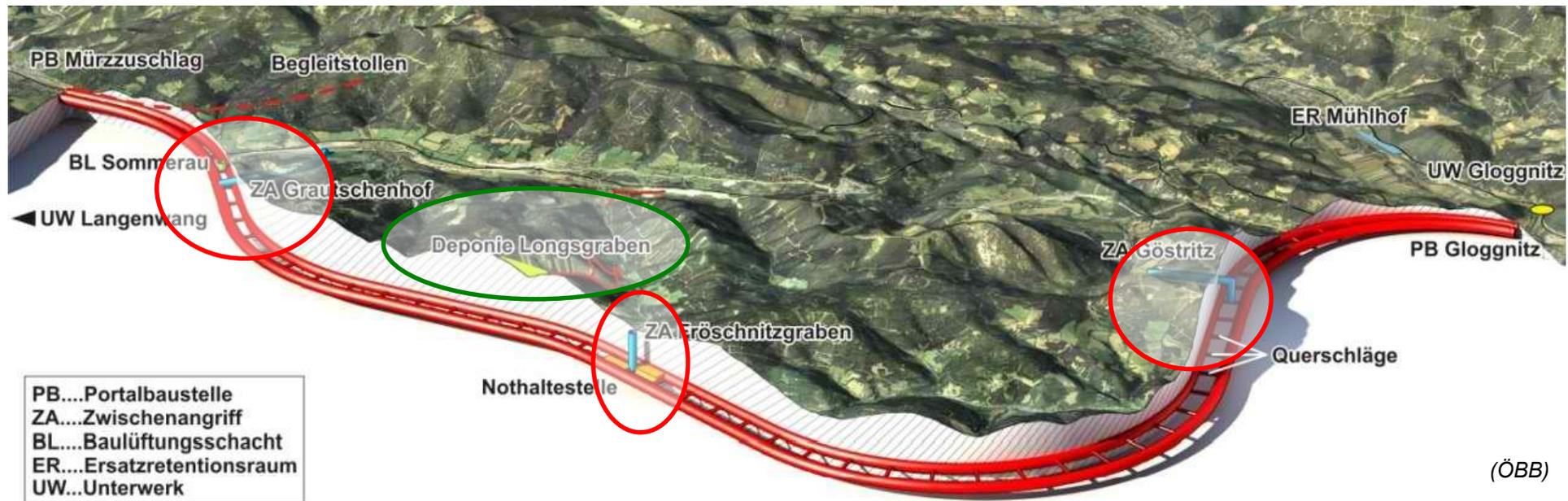


## Der Semmering-Basistunnel neu

# Semmering-Basistunnel neu

## Herausforderungen

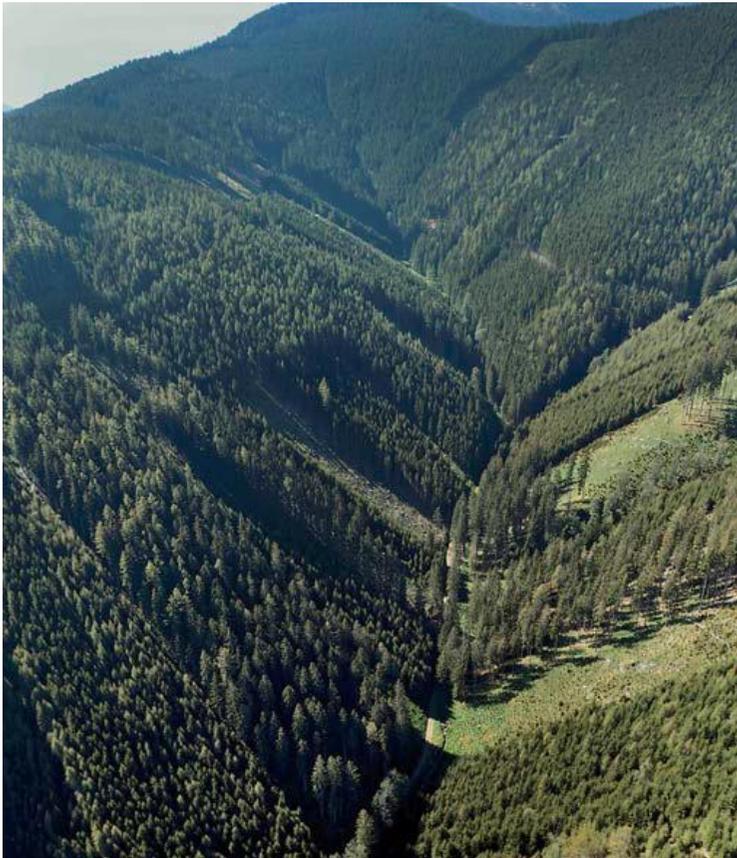
- 3 Zwischenangriffe
- 1 Deponie



# Longsgraben



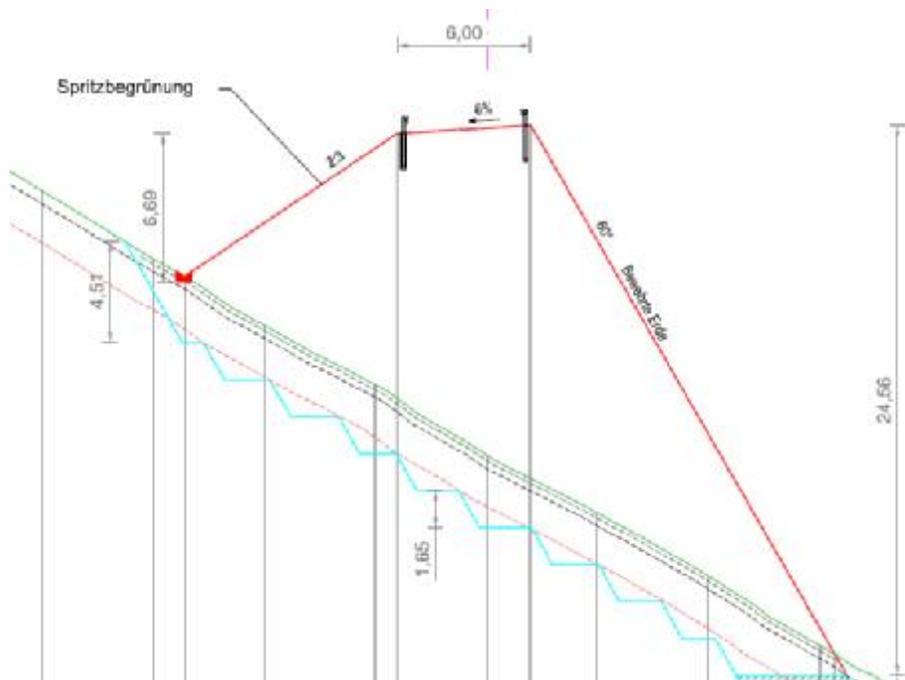
# Vorbereitung



# Bachverlegung

## Monitoringaufgaben

- Bestimmung der Auslastung der Geogitter
- Überprüfung Standsicherheit
- Überwachung der Gebrauchstauglichkeit



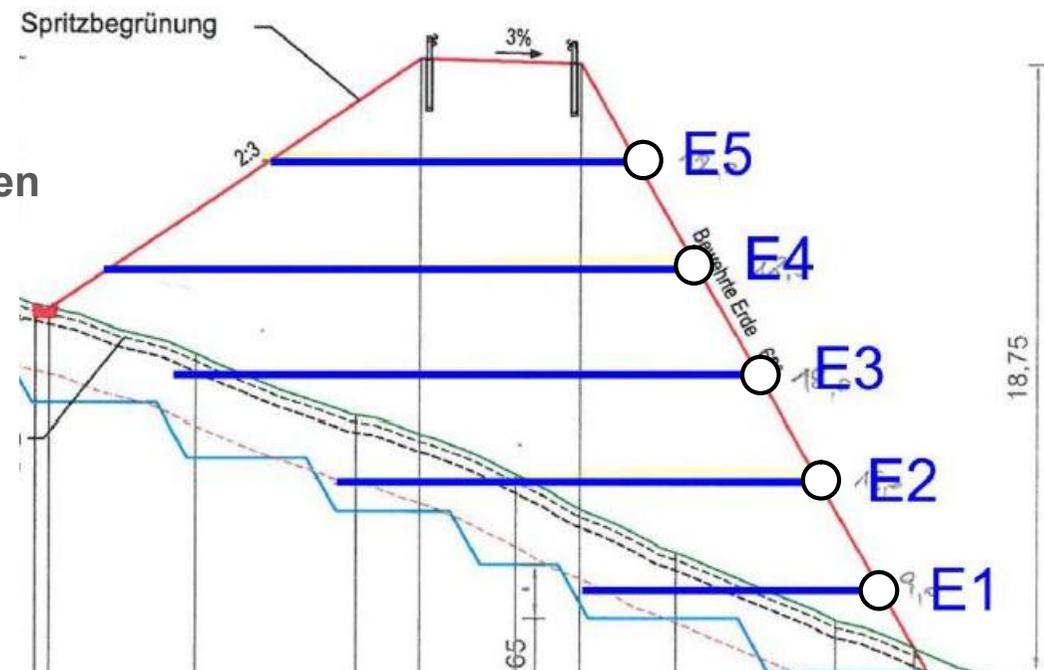
# Messkonzept

## Dammoberfläche

- Geodätische Messungen zu Prismen

## Geogitter

- Verteilte faseroptische Messungen
- 4 Messquerschnitte
- Bis zu 5 Ebenen / Querschnitt
- Über 2 km Sensorkabel



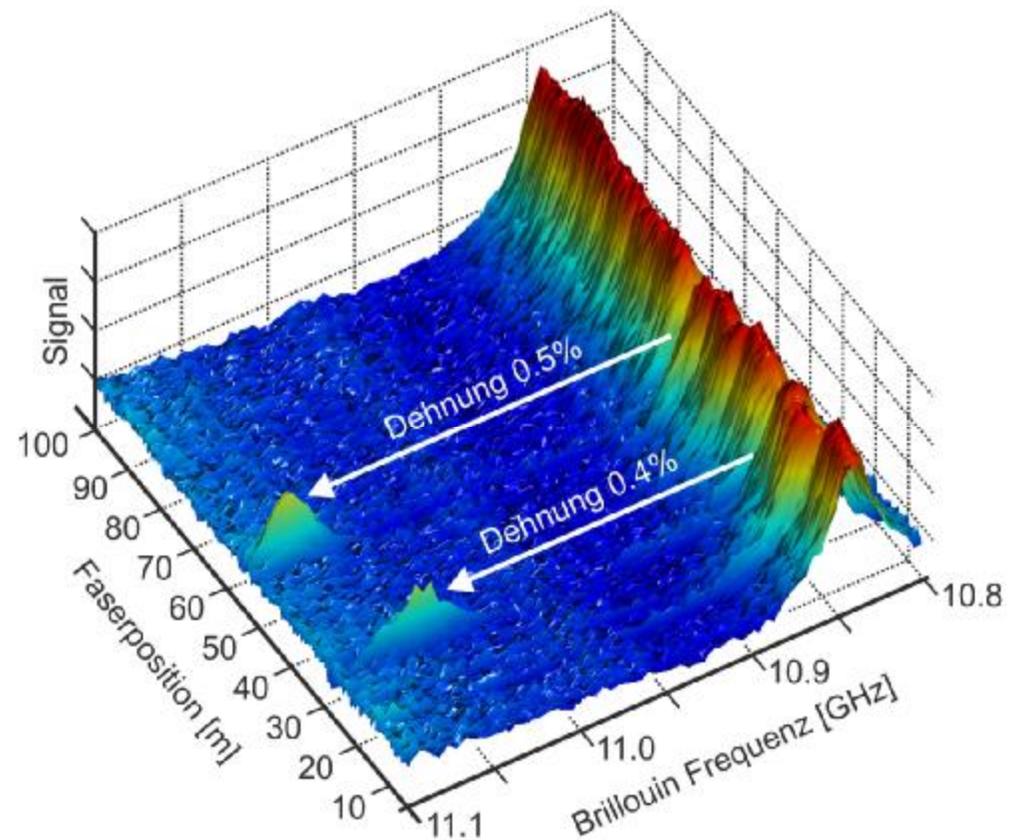
# Verteilte Faseroptische Messtechnik

## Brillouin Rückstreuung

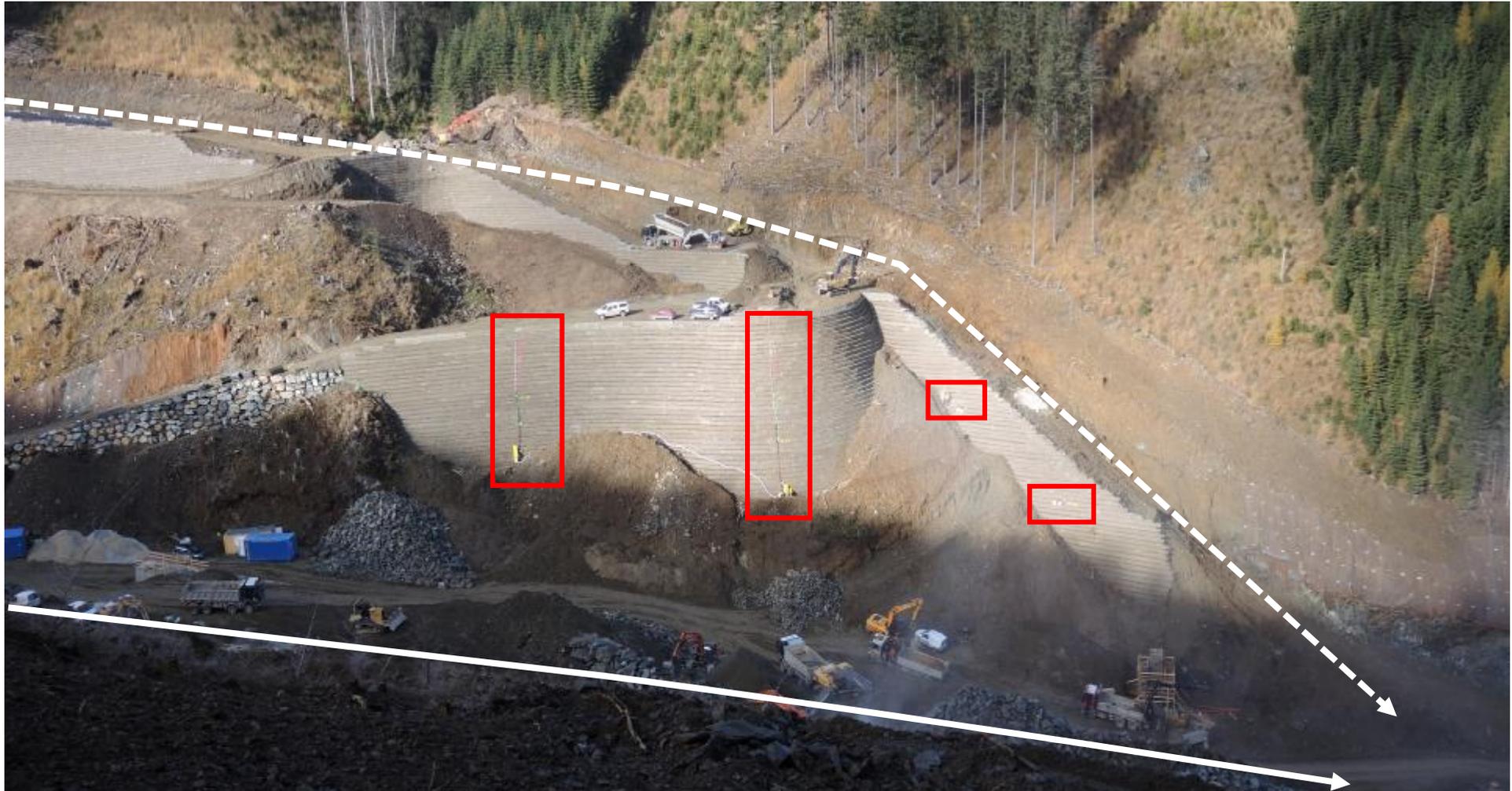
- Frequenz ist temperatur- und dehnungsabhängig

## Messlänge

- Bis zu 25 km
- Örtliche Auflösung 0.5 m



# Messquerschnitte



# Ingenieurgeodäsie und neue Konstruktionen

## Neue Bauverfahren

- Tatsächliches Bauwerksverhalten schwer simulierbar
- Realisierung nur mit begleitendem Monitoring möglich

## Ingenieurgeodätische Herausforderungen

- Hohe Anforderungen an Messgenauigkeit
- Interne und externe Messdaten
  - Neue Auswertemethoden
  - Überprüfung der Langzeitstabilität eingebetteter Sensoren



# Ingenieurgeodäsie und neue Konstruktionen

## Neue Bauverfahren

- Tatsächliches Bauwerksverhalten schwer simulierbar
- Realisierung nur mit begleitendem Monitoring möglich

## Ingenieurgeodätische Herausforderungen

- Hohe Anforderungen an Messgenauigkeit
- Interne und externe Messdaten
  - Neue Auswertemethoden
  - Überprüfung der Langzeitstabilität eingebetteter Sensoren





Vielen Dank für  
Ihre Aufmerksamkeit