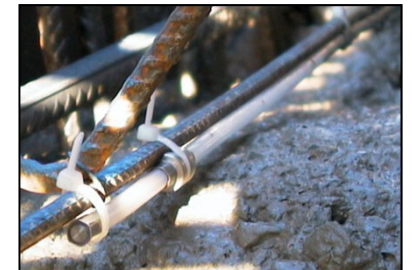
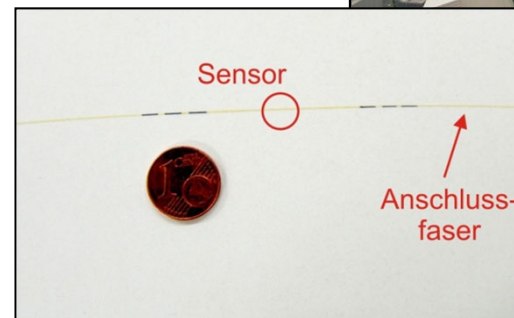


Faseroptische Erweiterung des geodätischen Messlabors der TU Graz

Helmut Woschitz

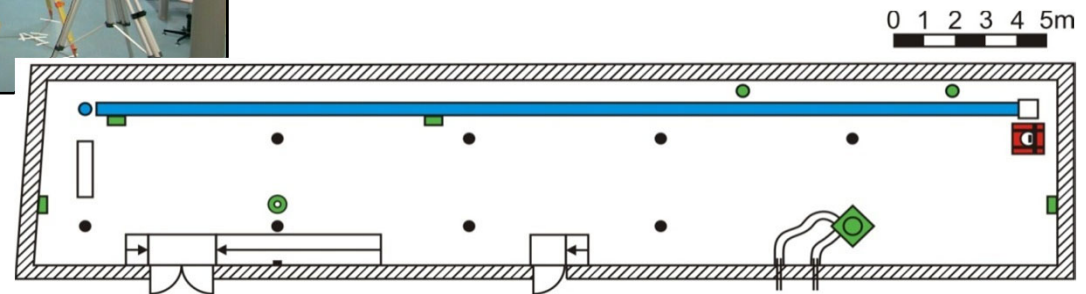


Institut für Ingenieurgeodäsie und Messsysteme
TU Graz

Geodätisches Messlabor

▪ Messlabor

- 30 m x 6.5 m
- klimatisiert
 - $20^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$
 - $40\% \text{ r.H.} \pm 5\%$
- flexible Nutzung



▪ Kalibrieranlagen geodätischer Instrumente

Vertikal-
komparator



Kreisel
Kalibrierung



EDM-
Komparator

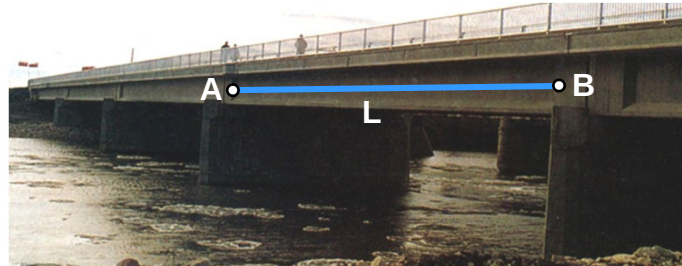


→ Untersuchungen
→ Service für die Praxis

Messung von Dehnungen

▪ Dehnung

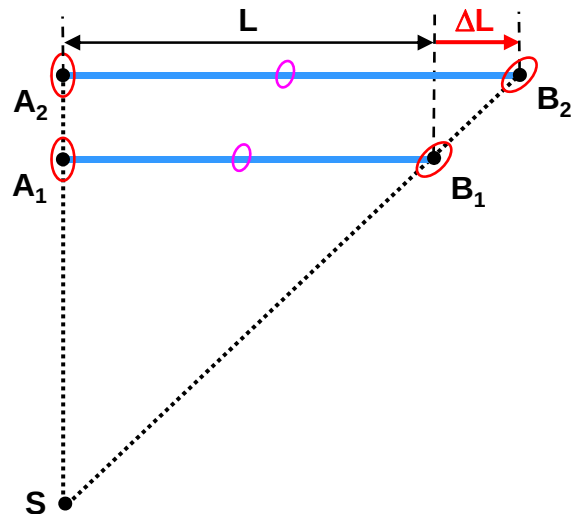
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$



$$\mu\varepsilon = \frac{\Delta L \cdot 10^6}{L}$$

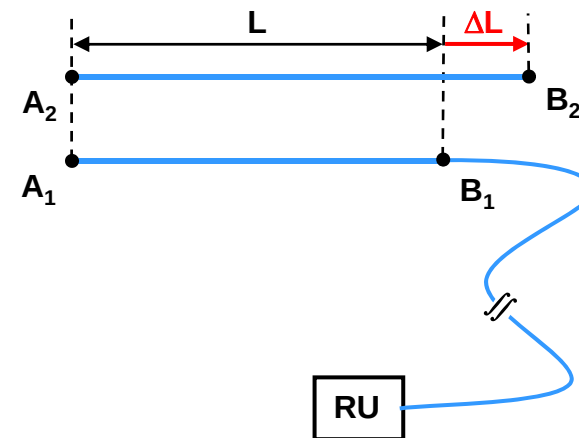
$$\dim(\mu\varepsilon) = [\mu\text{m/m}]$$

• Geodätische Bestimmung



- Oberfläche
- Statisch
- Indirekt (Absolut-Verschiebungen)
- $s_{\Delta L} > 0.3 \text{ mm}$ (mit $s_{Ri} = 1.5 \text{ cc}$, $s_d = 0.2 \text{ mm}$)

• Dehnungssensor

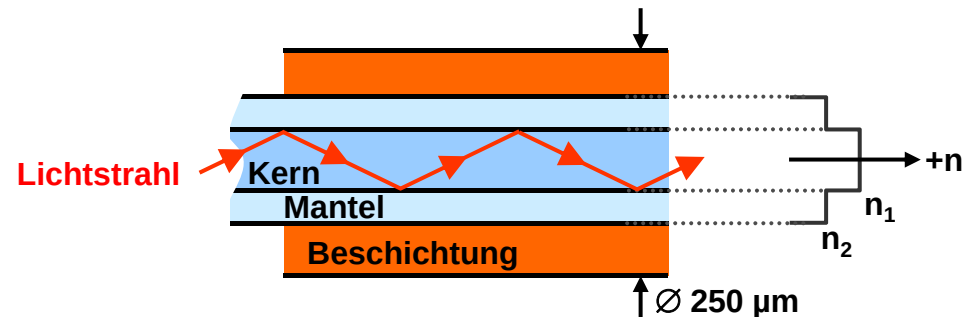


- Objekt-integriert
- Dynamisch (kHz)
- Direkt (Relativ-Verschiebung)
- $s_{\Delta L} < 0.002 \text{ mm}$

Faseroptische Dehnungssensoren (FOS- ε)

▪ Glasfasern

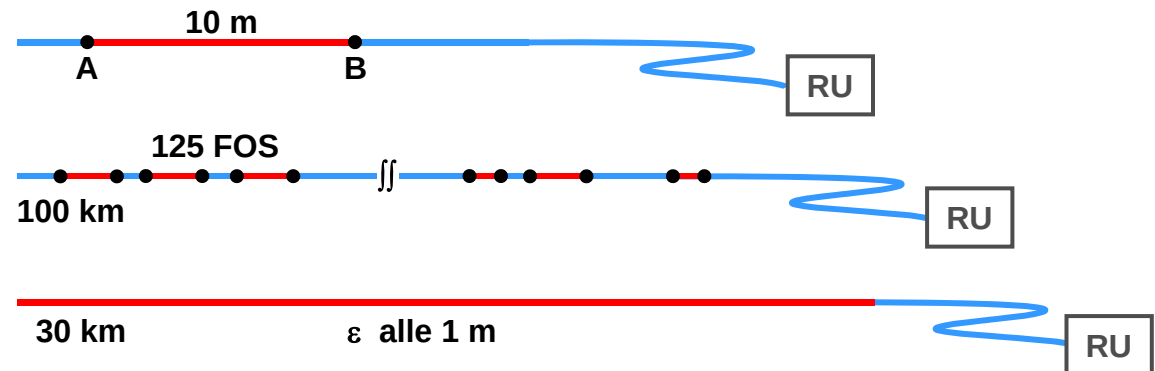
- Telekommunikation, WWW
- $1.5 \cdot 10^9$ km weltweit



▪ FOS- ε

- Kommerzielle Systeme
- Verschiedene Messprinzipien
 - Langarmige FOS
 - Verteilte FOS
 - Kontinuierliche FOS

- $s_\varepsilon < 1 \mu\varepsilon$ [$\mu\text{m}/\text{m}$]

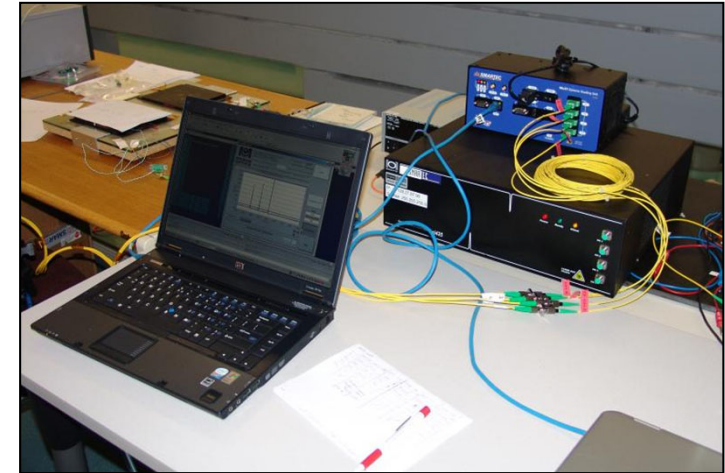


▪ Physikalische Grenzen

- Bruchdehnung: $\varepsilon_B \approx 60\,000 \mu\varepsilon$
- Schmelztemperatur: $T_S \approx 1800^\circ\text{C}$

Verteilte FOS: FBG System

- Micron Optics sm130
 - Statische und dynamische Messungen
 - 500 Sensoren (simultan)
 - 1000 Hz
 - Reichweite: 100 km
 - Messbereich: $1510 \text{ nm} \leq \lambda_B \leq 1590 \text{ nm}$
 - optische Auflösung: 1 pm
 - Dehnung 0.8 $\mu\epsilon$
 - Temperatur 0.1 K
 - Langzeit-Stabilität: 2 pm



- Sensoren
 - Sensorlänge: 10 mm (typ.)
 - Max. Strain: < 5 000 $\mu\epsilon$ (typ.)



FBG System: Anwendung

▪ Eisenbahn-Zwischenlagen (ZW)

- Verringert Verschleiß anderer Oberbau-Komponenten



- Regelmäßiger Wechsel



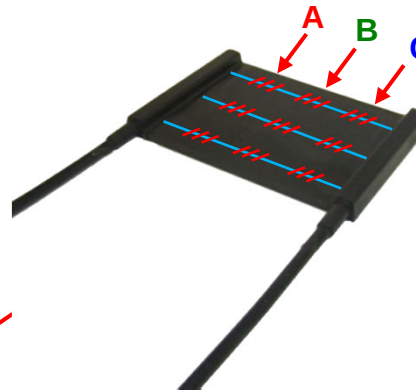
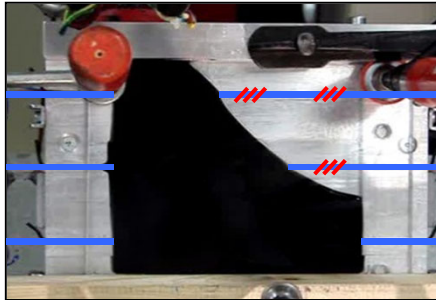
- Ursachen für Verschleiß ?



FBG System: Anwendung (2)

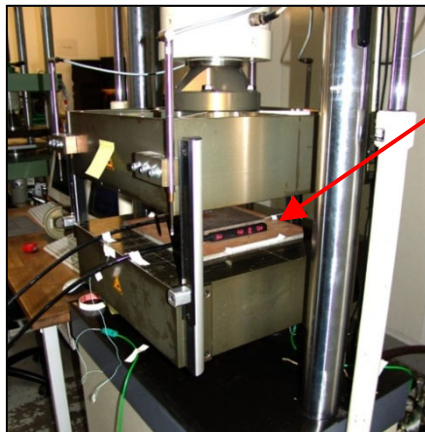
▪ Mess-Zwischenlagen

- 9 FBG Sensoren

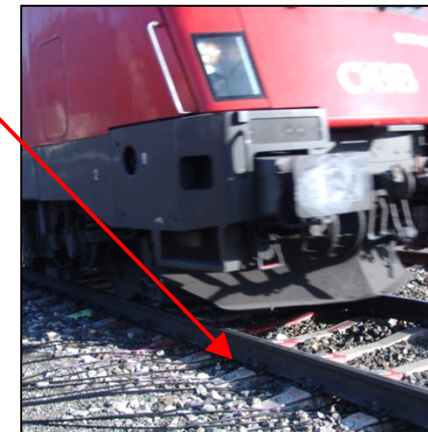


▪ Untersuchungen

Simulation am Prüfstand



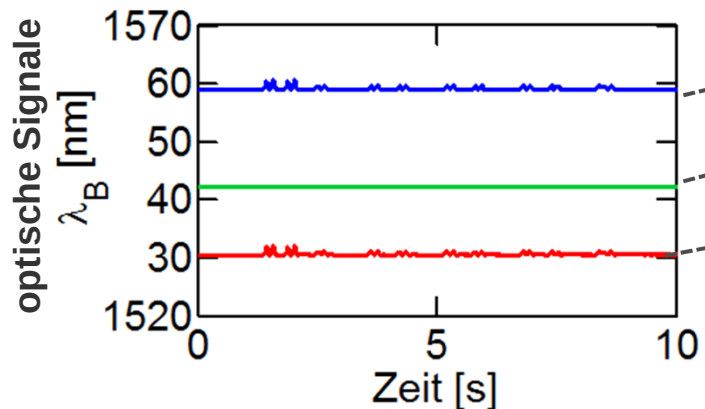
Feldversuch



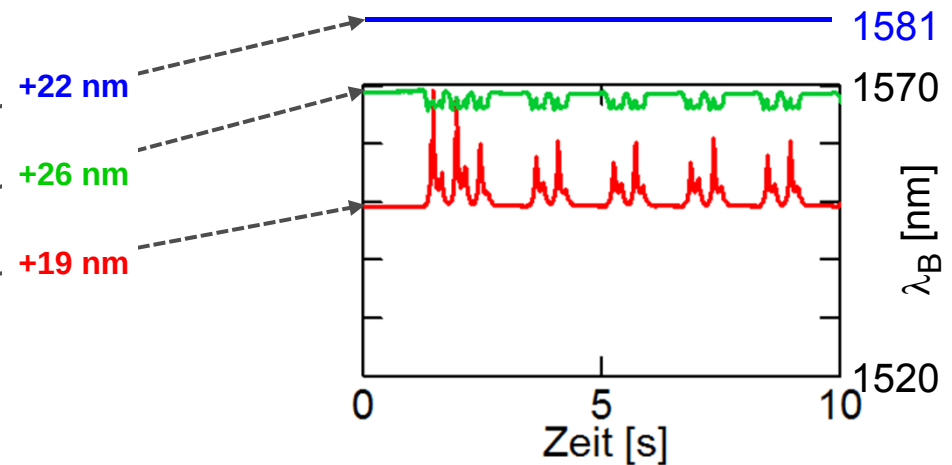
FBG System: Anwendung (3)

▪ Lok mit 4 Personenwagen: Größte Signale

- Simulation (Prüfstand)



- Teststrecke



- Signale im Feld $\approx 13 \times$ größer als am Prüfstand
- Signalverschiebung $\approx 21\,000 \mu\epsilon$
- Gesamtverformung $\approx 31\,000 \mu\epsilon$ (80% Messbereich RU)

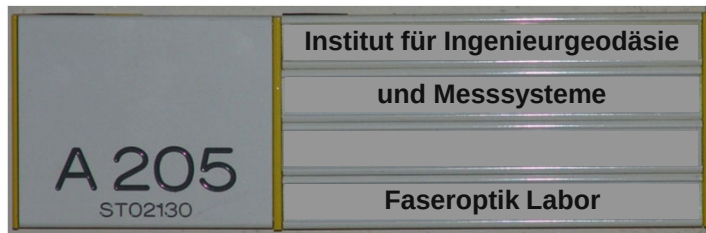


- Bruchdehnung: $\epsilon_B \approx 60\,000 \mu\epsilon$
- Max. Strain (typ.): $< 5\,000 \mu\epsilon$

→ Grenzbereich der Sensorik !

→ Evaluierung (im Feld) ?

FO Labor

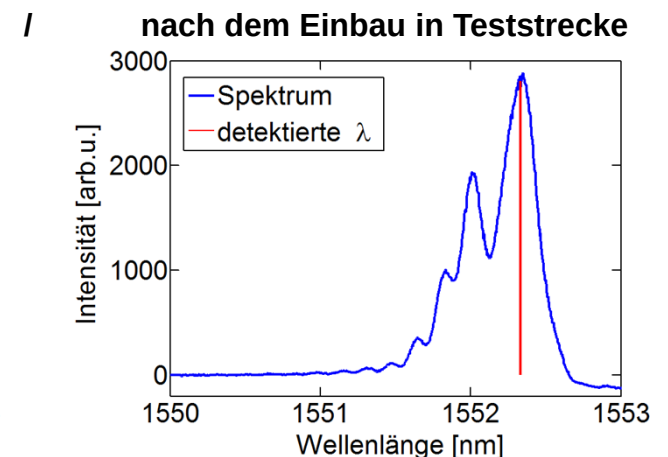
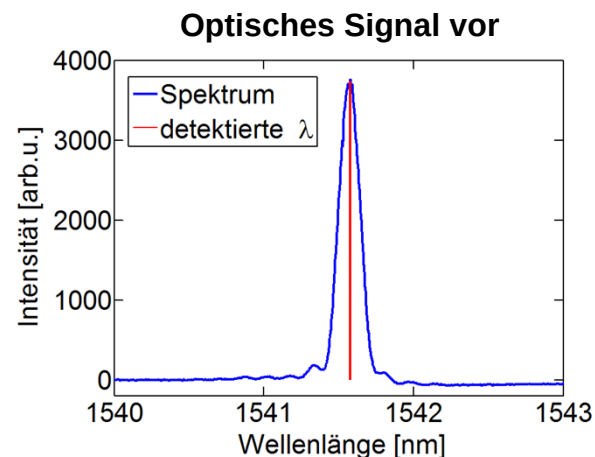
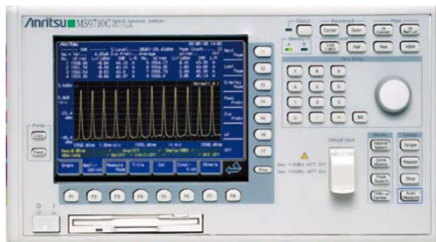


▪ Zweck

- **Unabhängige Evaluierung** kommerzieller Systeme
- Faserverbindungen (Splicen)
- Fertigung von Sensoren (Sonderlösungen)

▪ Grundausstattung an FO Equipment und Basis-Geräten

- Z.B.: Spectrum Analyser



→ Nichtlineare Dehnungen in der ZW

FOS Test- und Kalibrieranlage

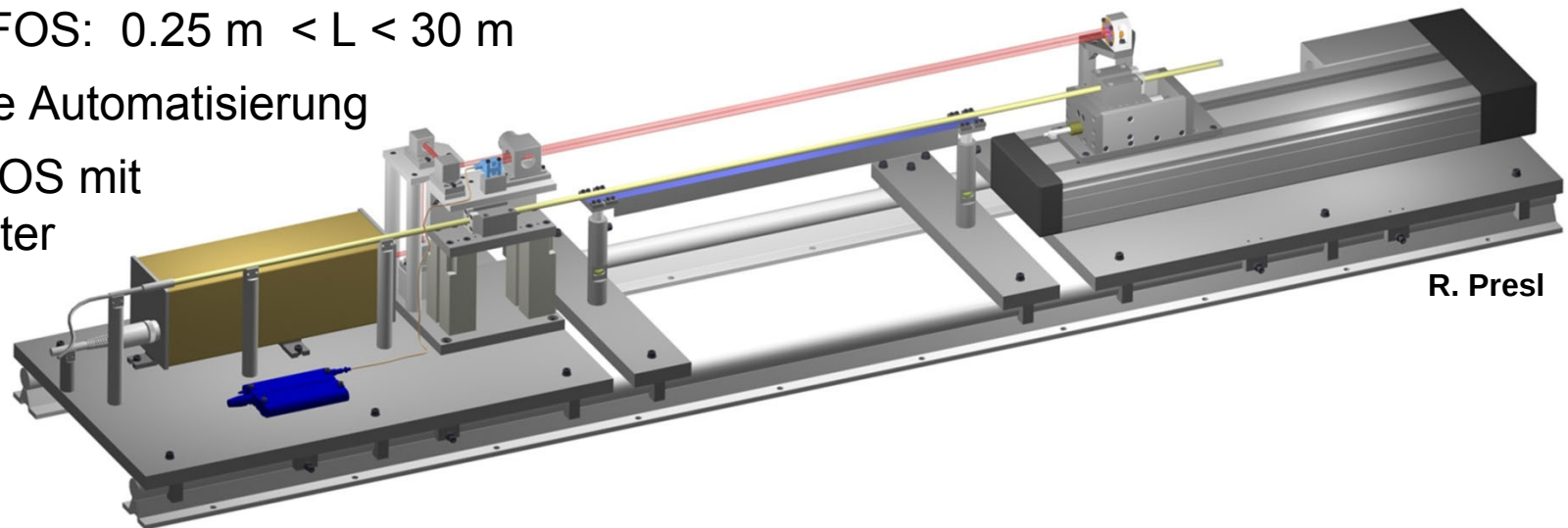
▪ Systemverhalten der FBG im Grenzbereich ($31\,000\ \mu\epsilon$) ?

- Keine Untersuchungen !

- Statische Kennlinien ?

▪ Neue Testeinrichtung im Messlabor

- Verschiedene FOS Typen
- Länge der FOS: $0.25\text{ m} < L < 30\text{ m}$
- Vollständige Automatisierung
- Vergleich FOS mit Interferometer



- Mehrjährige Entwicklung

Erste Systemtests beginnen !