



## Neue Trends

### Forschung mit memory<sup>®</sup>-steel in Kombination mit UHFB

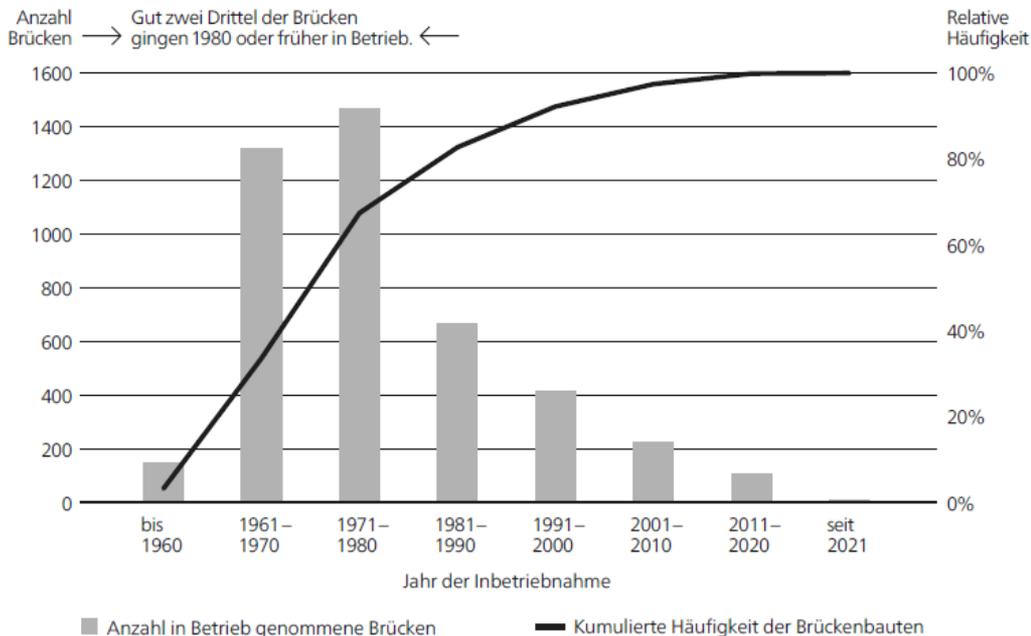
08. November 2024, Fachtagung 10 Jahre memory<sup>®</sup>-steel  
Ângela Lemos, Dr. Christoph Czaderski

# Netzzustandsbericht ASTRA, 31.12.2023



## Altersstruktur der Brücken

Anzahl Brücken, Jahr der Inbetriebnahme



→  $\frac{2}{3}$  der bestehenden Brücken der Nationalstrassen wurden 1980 oder früher erstellt

→ haben ein durchschnittliches Alter von 52 Jahren

→ Astra investiert jährlich im Mittel 212 Mio. Franken in den Unterhalt von Kunstbauten

# Innosuisse Projekt



Innosuisse Project No.: 56234.1 IP-ENG



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Innosuisse – Schweizerische Agentur  
für Innovationsförderung**



Research Partners



**Empa**

Materials Science and Technology



**OST**  
Ostschweizer  
Fachhochschule



**IBU** INSTITUT FÜR  
BAU UND UMWELT

**Prof. Ivan Markovic**



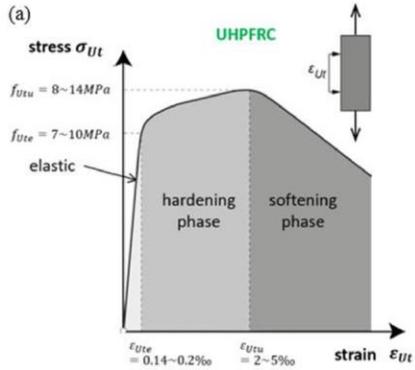
strengthening solutions

**cem+**  
**suisse**



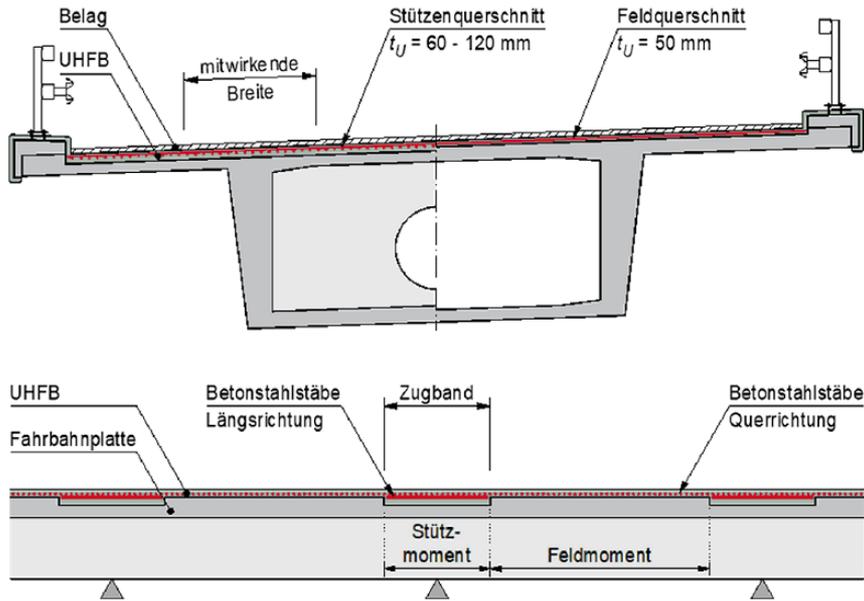
The locations of the six cement plants

# Ultra-Hochleistungs-Faserbeton (UHFB) gemäss SIA 2052 (2016)



aus: Eugen Brühwiler (2020) UHPFRC technology to enhance the performance of existing concrete bridges, Structure and Infrastructure Engineering, 16:1, 94-105, DOI: 10.1080/15732479.2019.1605395

# Anwendungen der neuen Verstärkungsmethode



aus: Eugen Brühwiler (2022), Erneuerung von Stahlbetonbrücken mithilfe von UHF, Ernst & Sohn GmbH, Berlin. Beton- und Stahlbetonbau 117 (2022), Heft 9 DOI: 10.1002/best.202200041

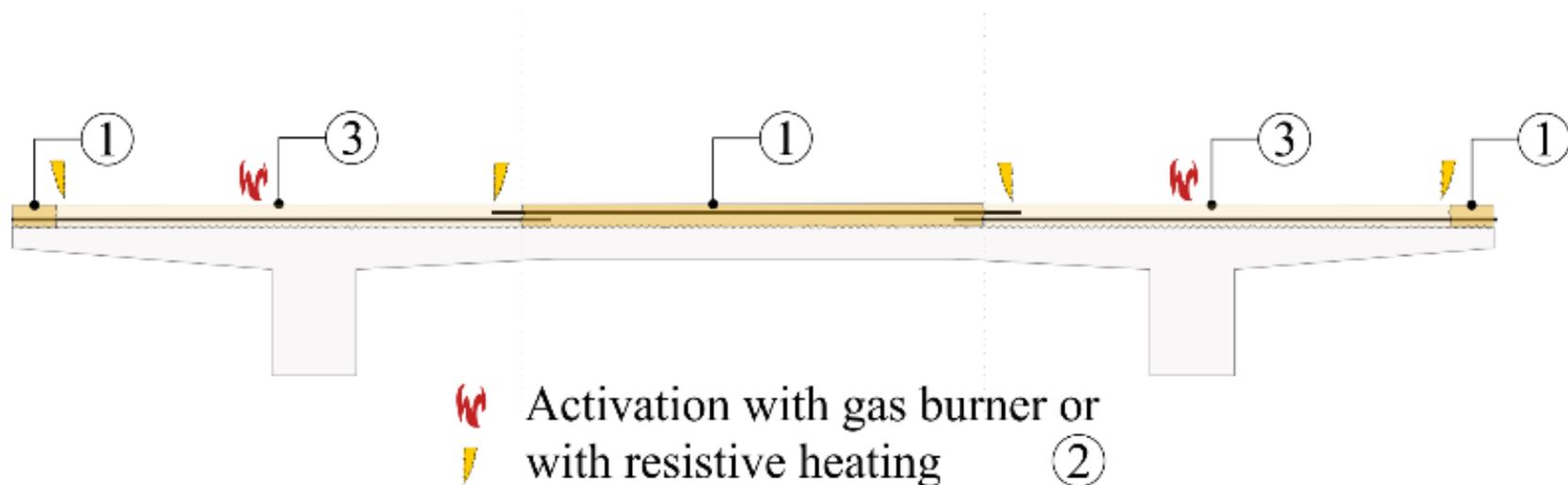
# Vorteile der neuen Verstärkungsmethode



- Aktives Verstärken der Struktur
- Reduziert vorhandene Verformungen, Zugspannungen, Rissweiten
- Mit der entsprechenden Bemessung bleibt der Beton unter Druck
- Verbesserte Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit
- Die Querkraft aus der Vorspannung wirkt Querkraft aus Last entgegen → erhöhter Querkraftwiderstand
- Verstärkung und Abdichtung
- Durch die Vorspannung kann ausserdem die Materialmenge von UHPC und Bewehrungsstahl reduziert werden, was eine positive Auswirkung auf den ökologischen Fussabdruck hat



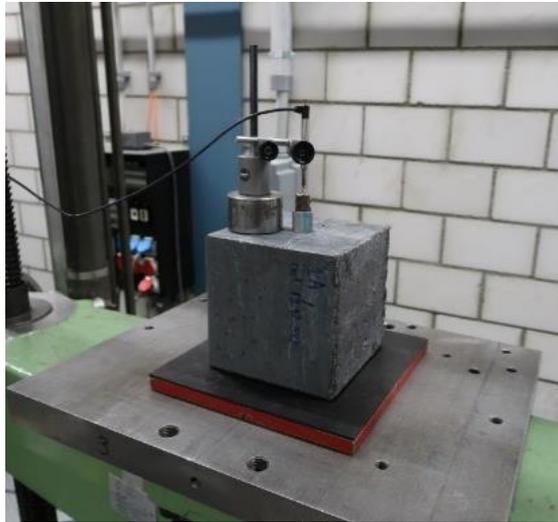
## Anchorage approach



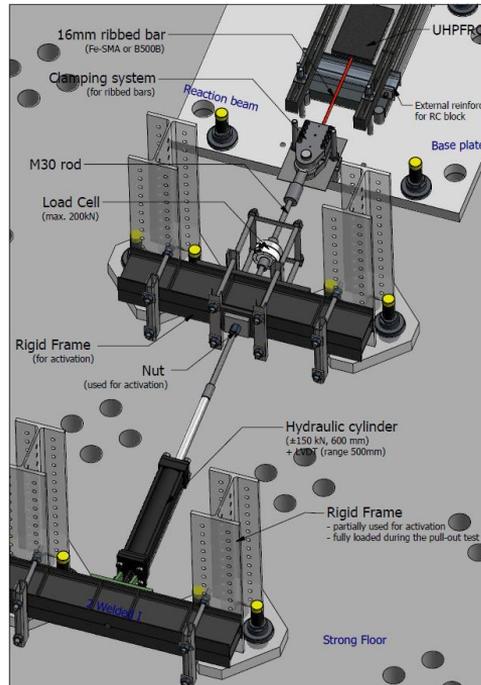
# Bisherige Experimente im Innosuisse Projekt



## Auszugsversuche KURZ



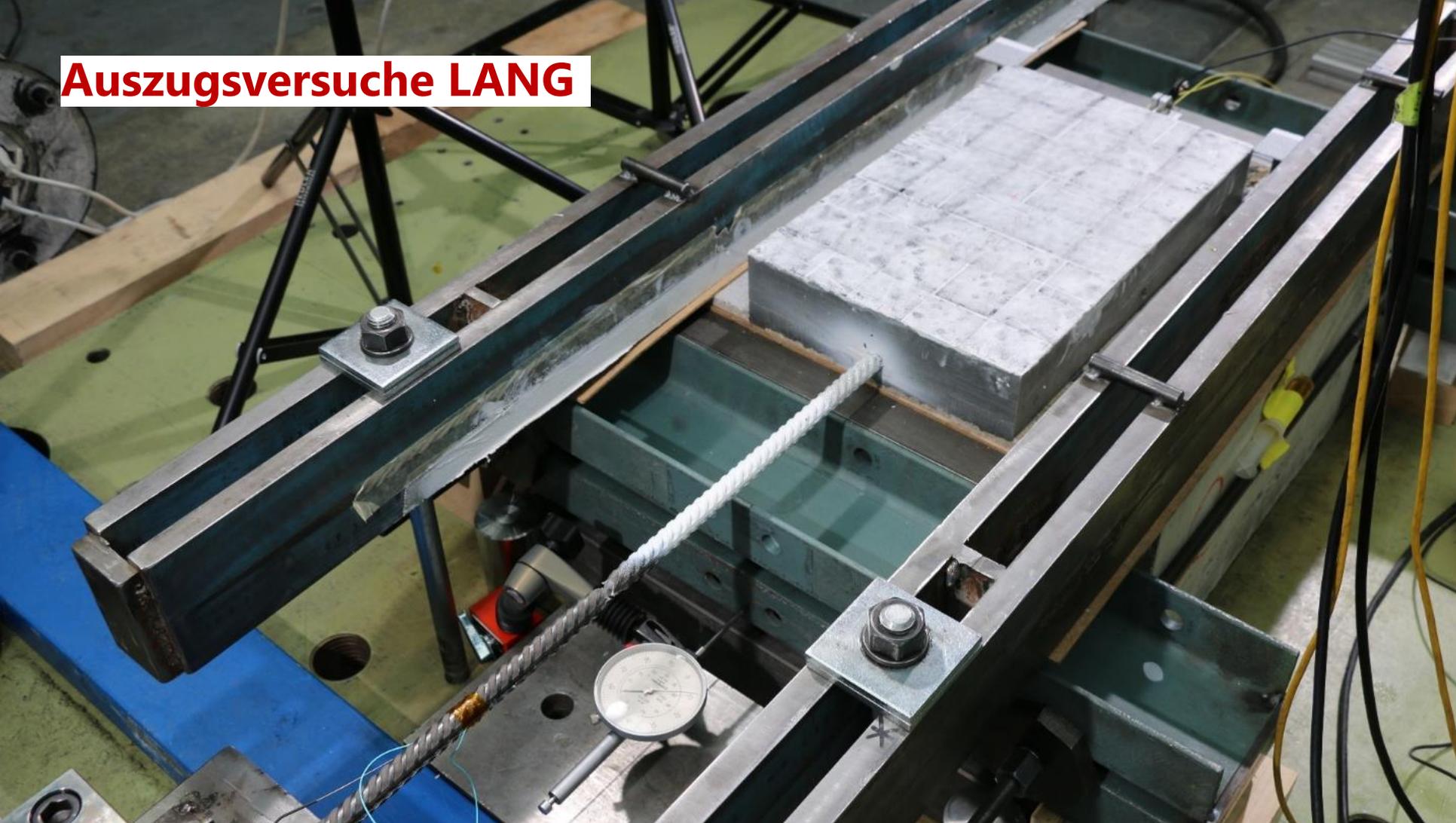
## Auszugsversuche LANG



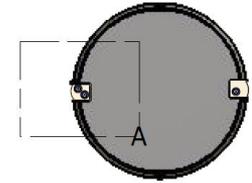
## Aktivierungsversuche



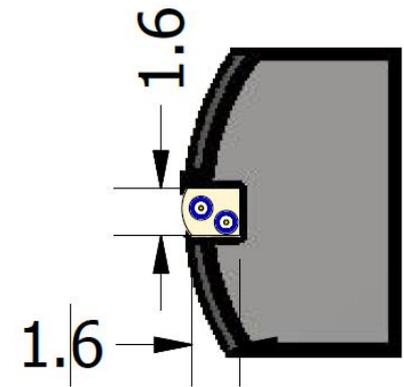
# Auszugsversuche LANG



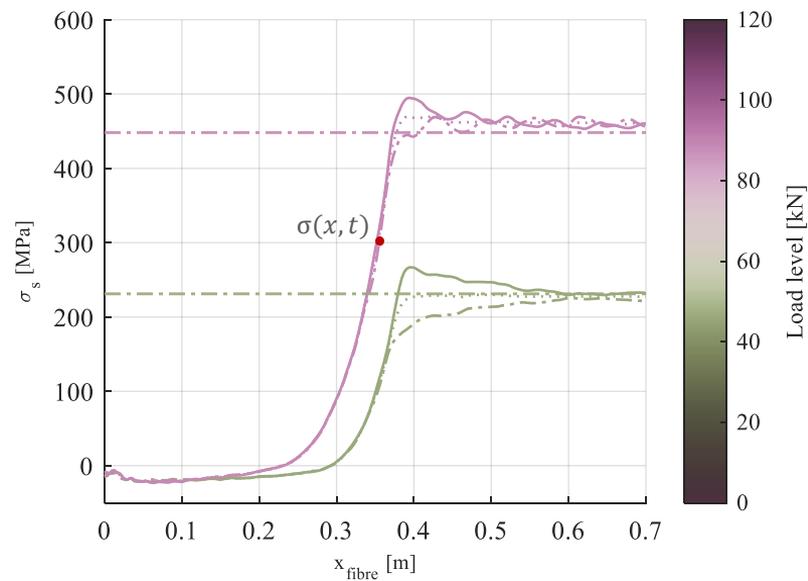
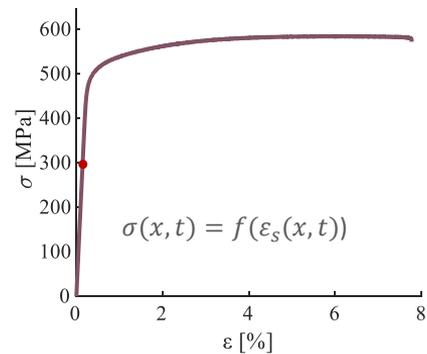
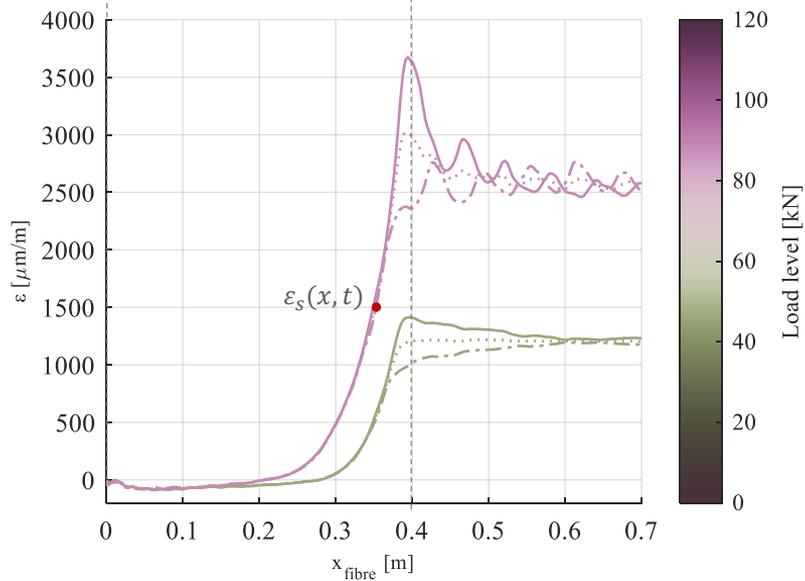
# Kontinuierliche faseroptische Dehnungsmessungen



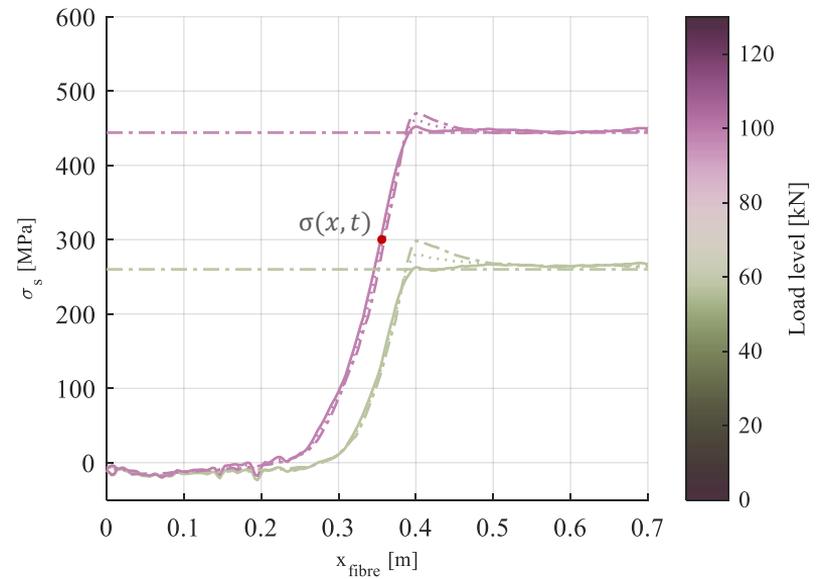
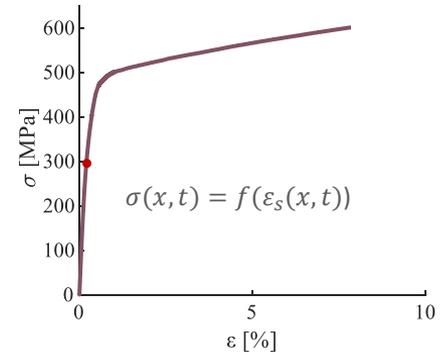
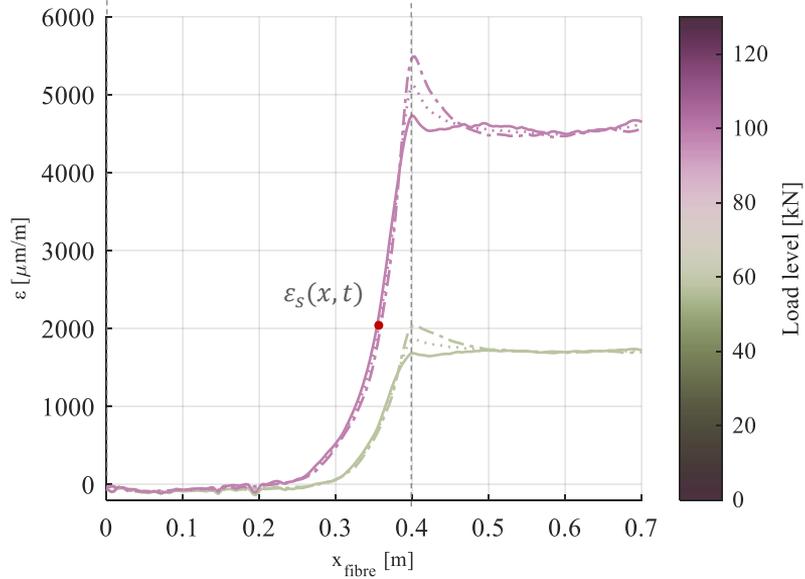
Detail A



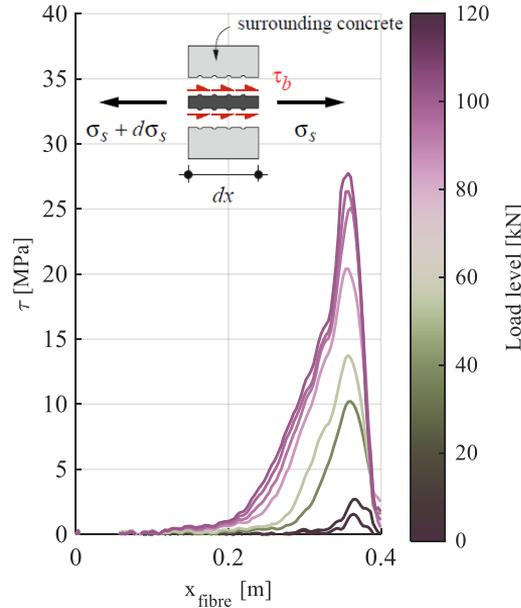
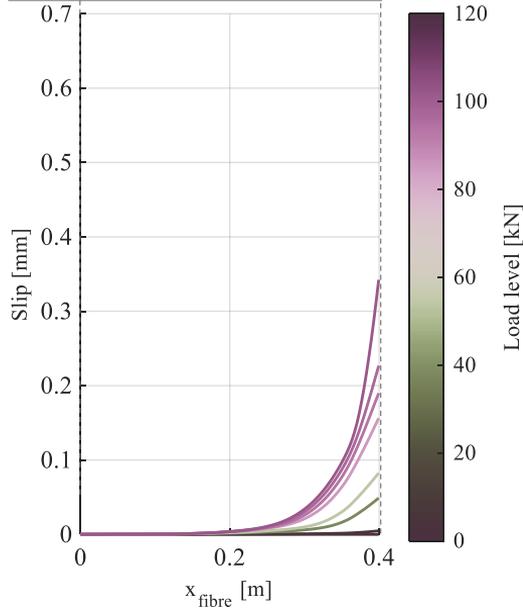
# B500B in UHFB



# Fe-SMA in UHFB



# B500B in UHFB



Berechnung Schlupf

$$\delta(x, t) = \int_{x_0}^x \varepsilon_s(x, t) \cdot dx - \int_{x_0}^x \varepsilon_c(x, t) \cdot dx$$

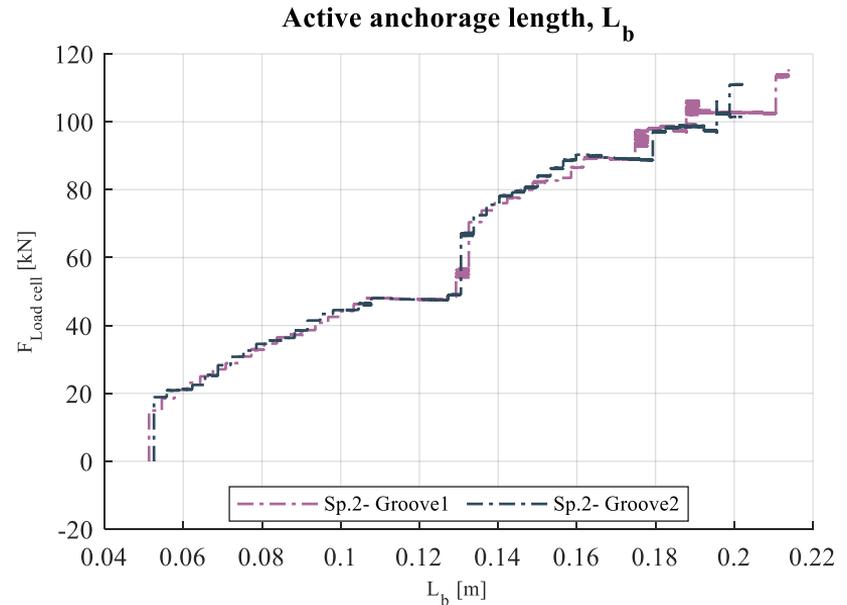
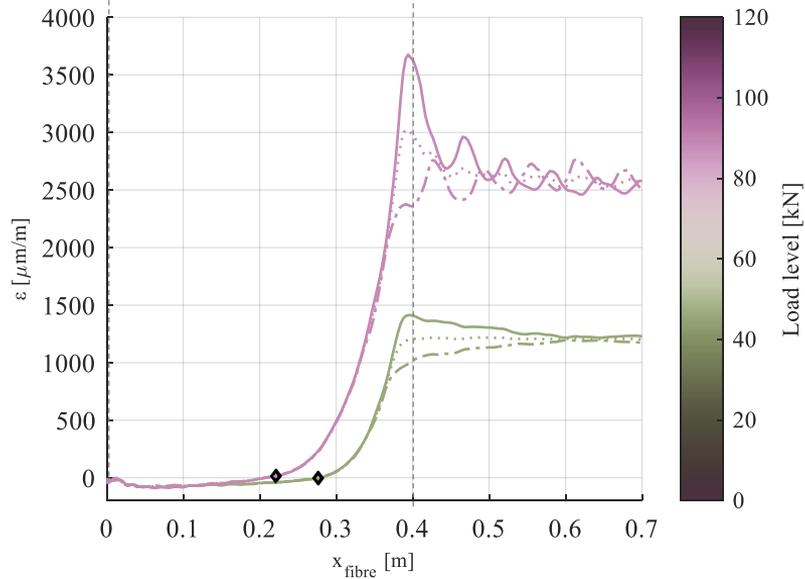
wird vernachlässigt



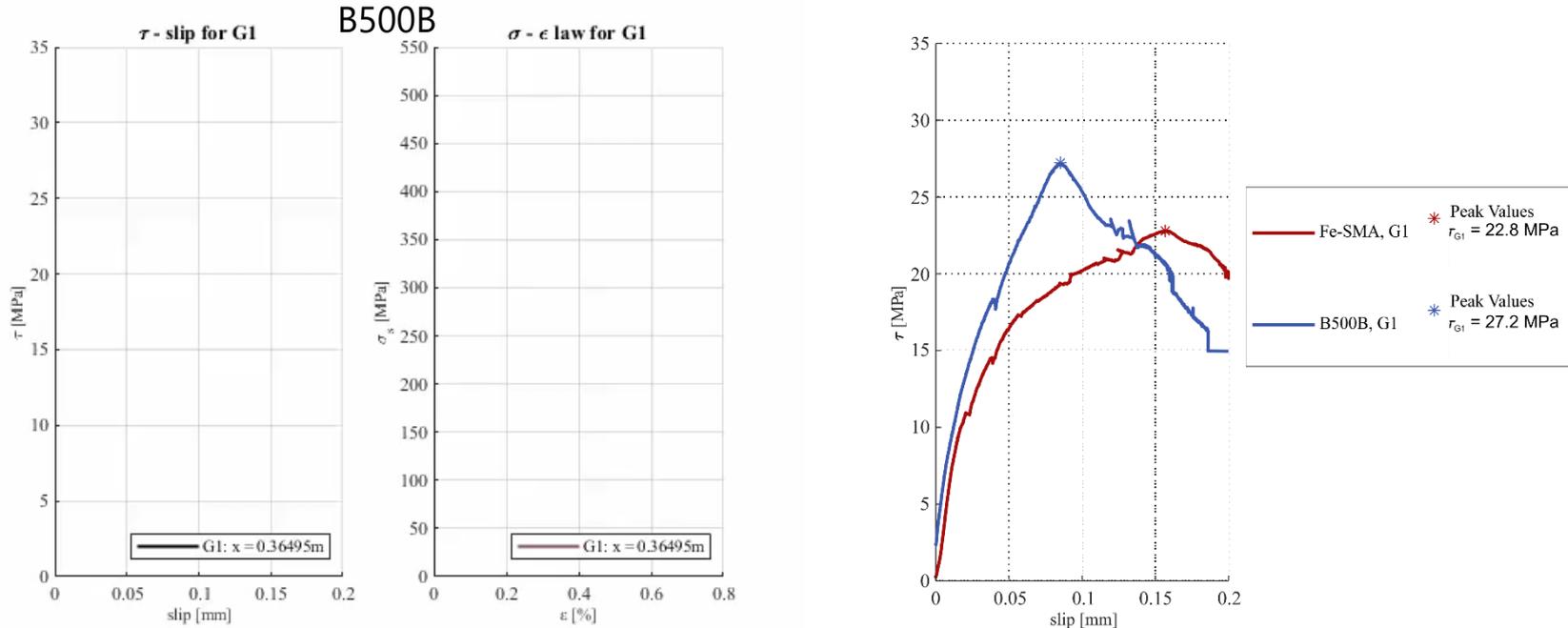
Berechnung Verbundschubspannung

$$\tau(x, t) = \frac{dF(x, t)}{\pi \cdot \phi_{nom} \cdot dx} = \frac{d\sigma(x, t) \cdot \phi_{nom}}{4 \cdot dx}$$

# B500B in UHFB



# Verbundschubspannungs-Schlupf ( $\tau$ -s) Diagramme



## $\tau$ -s Diagramme

Gebrauchstauglichkeit: Rissabstände, Rissweiten, Zugversteifung (tension stiffening), Durchbiegung

Tragsicherheit: Verankerungswiderstand, Verankerungslänge, Stösse, Rotationsvermögen plastischer Gelenke

# Resultate



Parameters	B500B		Non-Act. Fe-SMA	
	Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp. 4
$F_{\max}$ [kN]	117.9	116.1	141.1	144.3
$\sigma_{\max}$ [MPa]	594	584	637	651
$\epsilon_{\max}^{\text{DIC}}$ [%]	5.6	6.9	10.3	9.9
<i>Failure Type</i>	Bar	Bar	<i>No Failure</i>	Bond

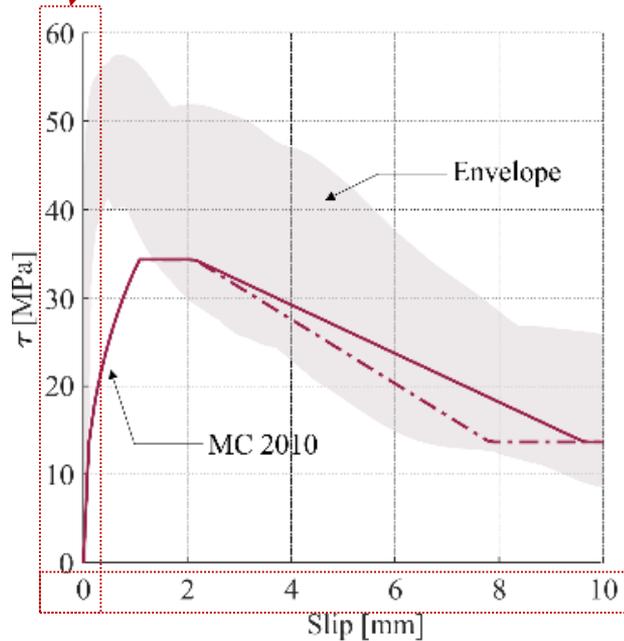


# Vergleich der Auszugsversuche

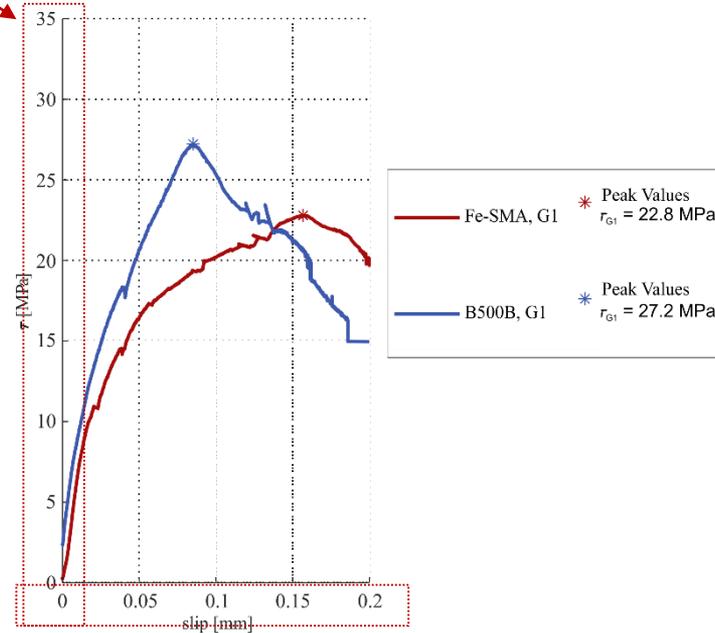


Verschiedene Achsen

Auszugsversuche KURZ



Auszugsversuche LANG



# Geplante Grossversuche



- Zeigen der Machbarkeit der Verstärkungsmethode und der praktischen Umsetzung
- Zeigen der Effizienz der Verstärkungsmethode unter Gebrauchstauglichkeits- und Tragsicherheitslasten
  - Durch Messung der Zugspannungen im innenliegenden Bewehrungsstahl und im memory-steel
  - Durch Messung der Durchbiegungen

Sp.	Layer thick.	Bar mat.	UHPFRC	Casting dir.	ds	T <sub>A</sub> (°C)
0				<i>Control slab</i>		
1	40	B500B	UHPFRC	//	15.9	-
2	40	Fe-SMA <sup>4%</sup>	UHPFRC	//	16.8	-
3	40	Fe-SMA <sup>4%</sup>	UHPFRC	//	16.8	<b>200</b>
4	40	Fe-SMA <sup>4%</sup>	UHPFRC	<b>Perp.</b>	16.8	<b>200</b>

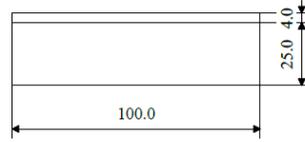


Vorfabrikationsfirma  
DSE systems AG  
Haag 1322  
8723 Maseltrangen

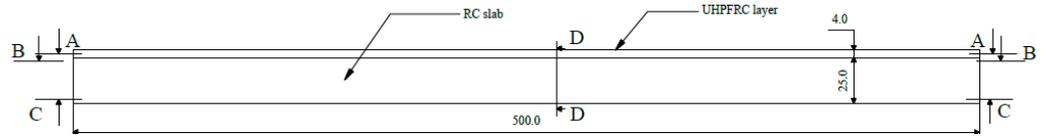
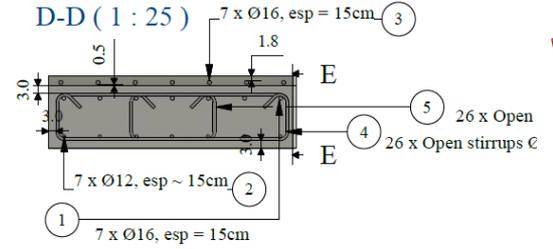




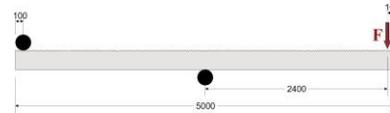
Cross-section (1:25)



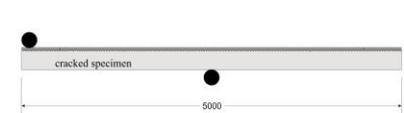
D-D (1 : 25)



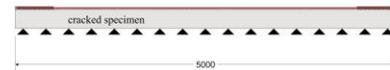
Phase 1: Preloading above  $m_u$ , e.g.:  $F=20kN$



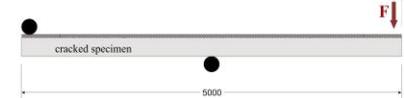
Phase 4: Casting UHPFRC between anchorages



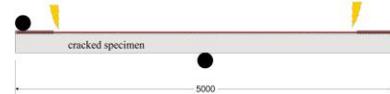
Phase 2: Casting of UHPFRC anchorages



Phase 5: Loading up to failure (avoid shear failure)



Phase 3: Activation Fe-SMA (Sp. 3 & 4)



# Weitere Vorteile von memory-steel im Vergleich zu konventioneller Vorspannung



- Keine Ankerköpfe
- Keine Hydraulikzylinder
- Keine Hüllrohre und Injizieren ist nicht nötig
- Keine Reibung



NEST



Empa

eawag  
aquatic research



2  
STEP

Sustainability. Technology. Efficiency. Partnership.

STEP2 Partner



We create chemistry

ROK

dbt

Digital Building Technologies

AEPLI

Metallbau

stahlton



Umwelttechnik



waltgalmarini

Bartenbach  
THE LIGHTING INNOVATORS



FORWARD

HILTI

NDC  
NewDigitalCraft



strengthening solutions

## Treppe «Cadenza»



Vorteile von memory-steel:

Platz für drei Vorspannstäbe  
(Verankerung)

Keine Reibung bei komplex  
geformter Vorspannung





Ich danke Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit. Fragen?