



Neue Trends

Forschung mit memory[®]-steel in Kombination mit UHFB

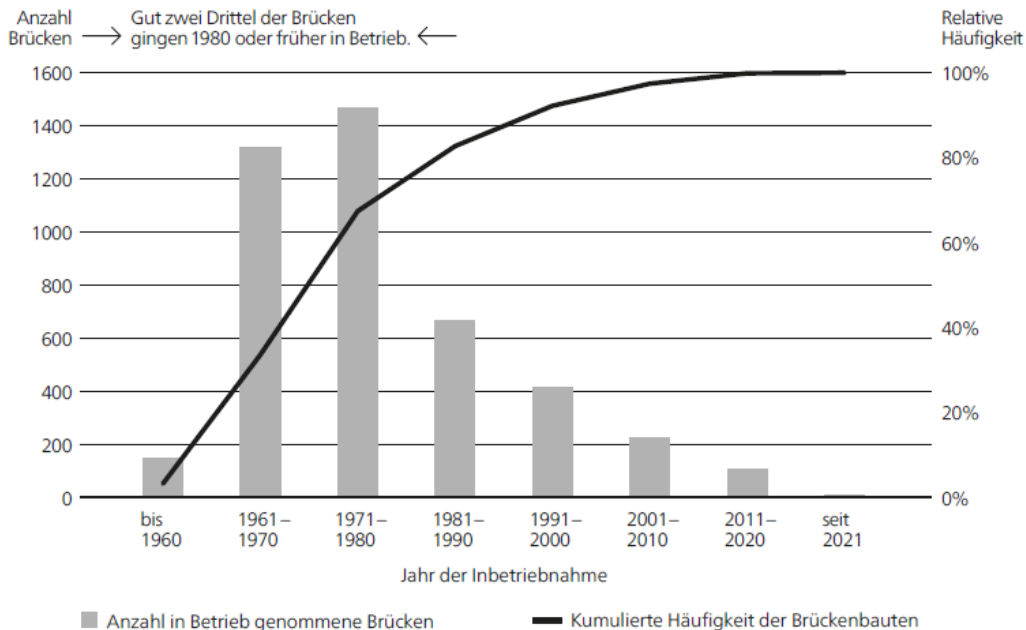
08. November 2024, Fachtagung 10 Jahre memory[®]-steel
Ângela Lemos, Dr. Christoph Czaderski

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



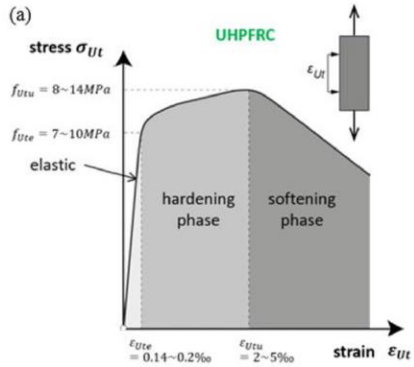
strengthening solutions

cem+
suisse



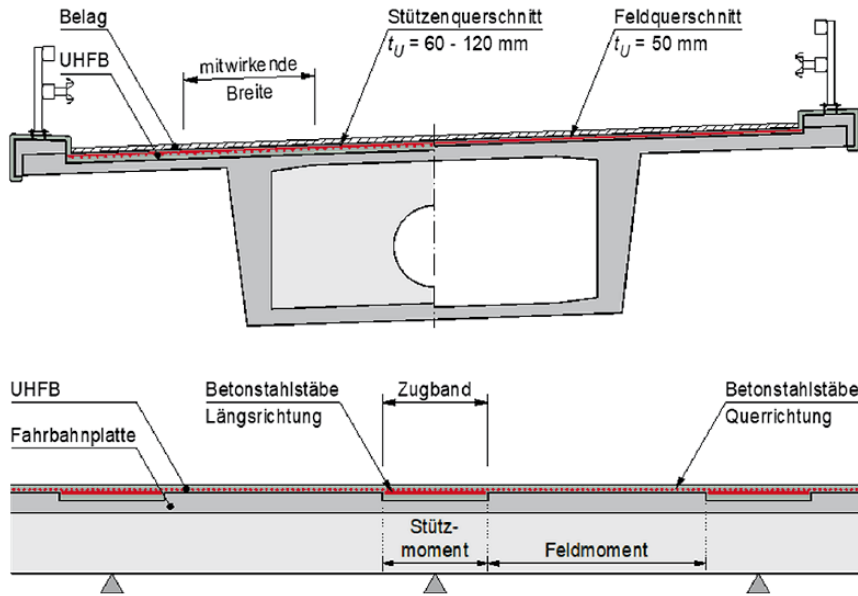
The locations of the six cement plants

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

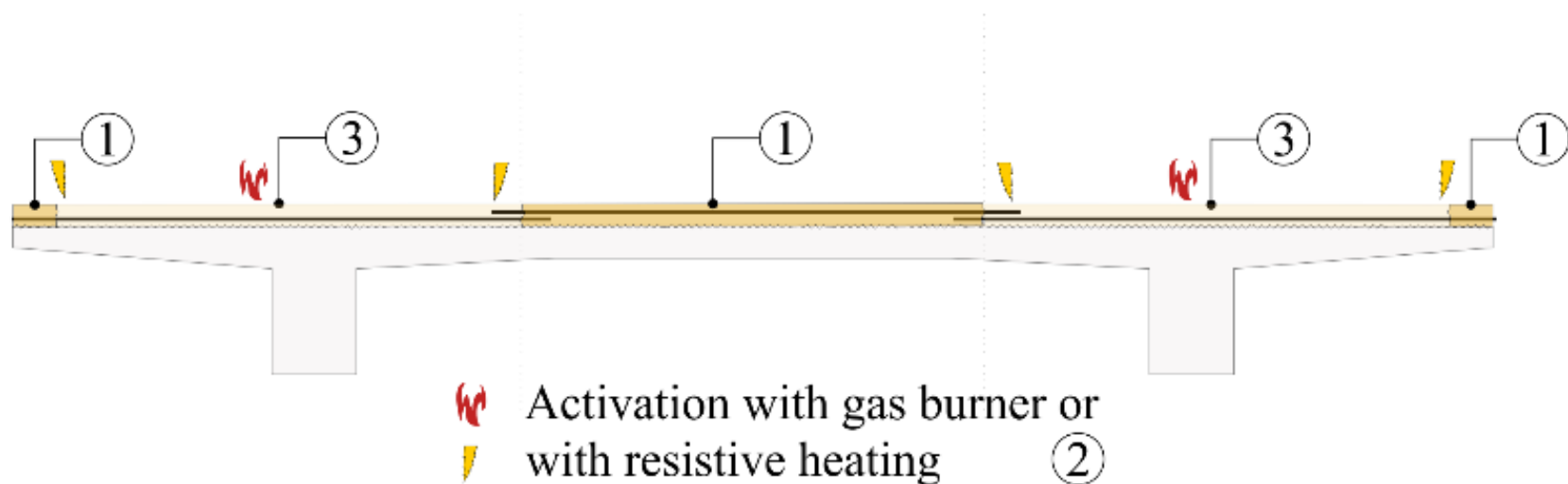
Vorteile der neuen Verstärkungsmethode



- 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



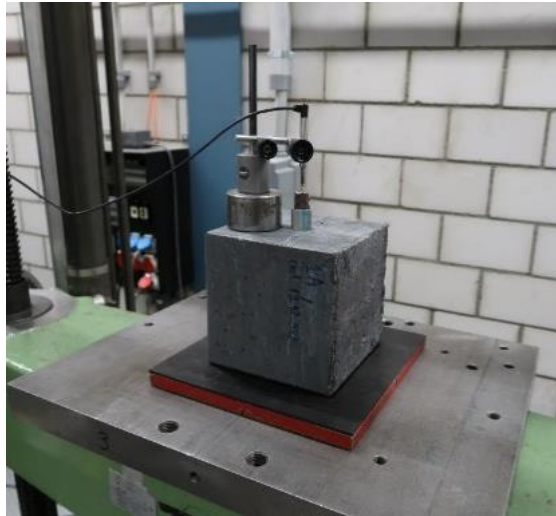
Anchorage approach



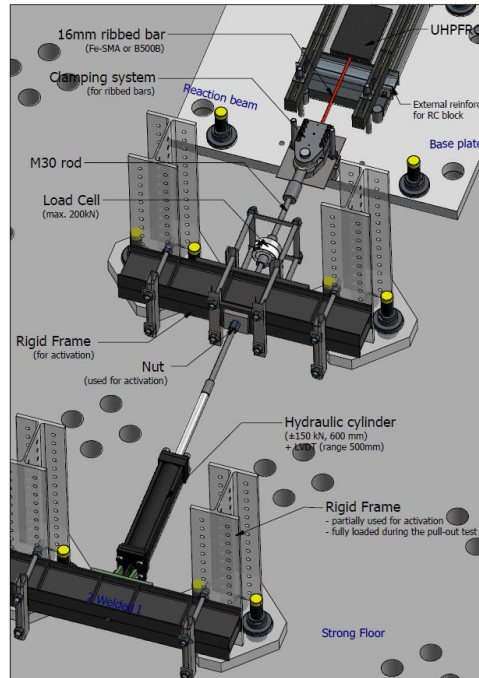
Bisherige Experimente im Innosuisse Projekt



Auszugsversuche KURZ



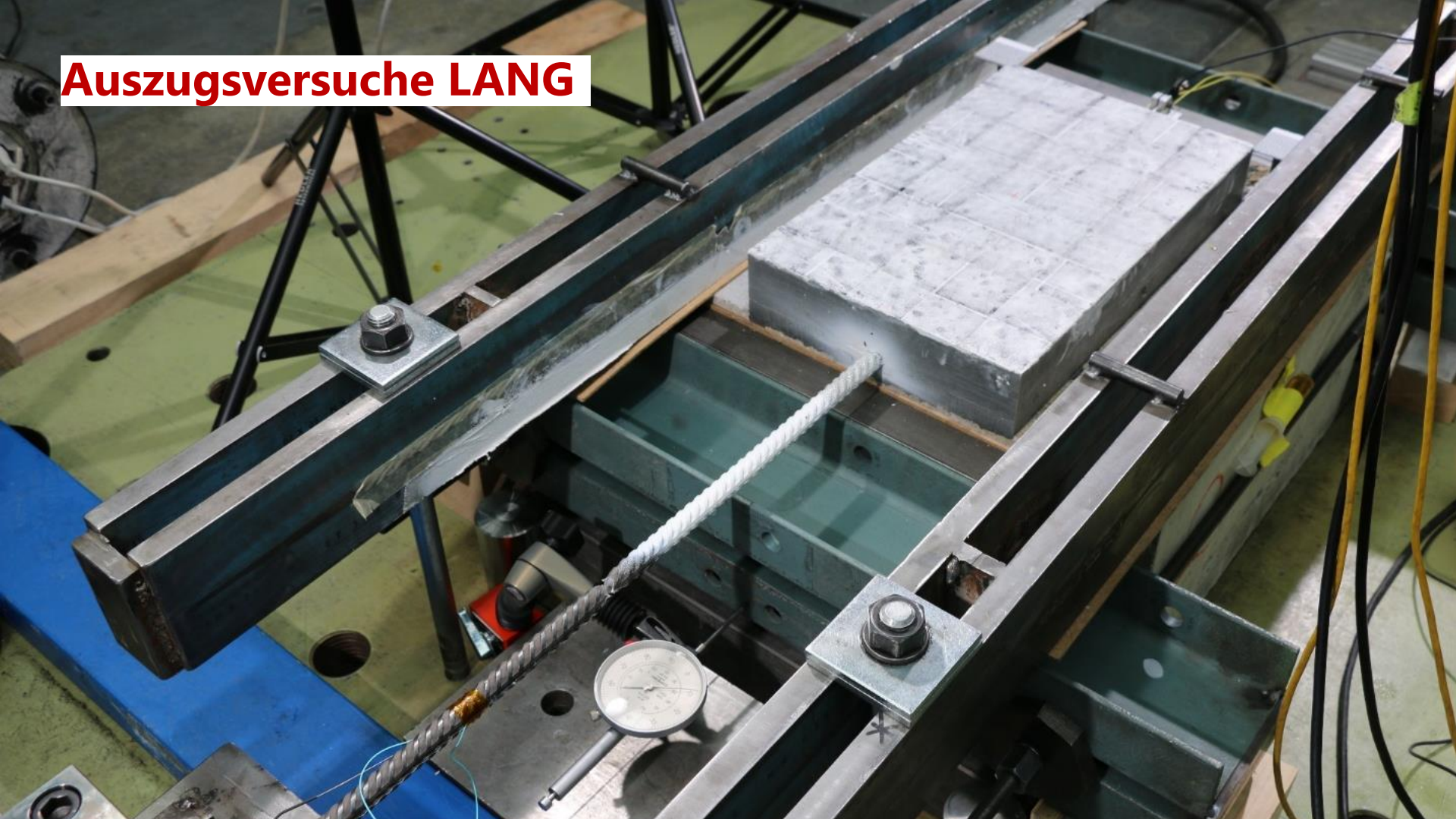
Auszugsversuche LANG



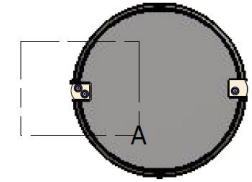
Aktivierungsversuche



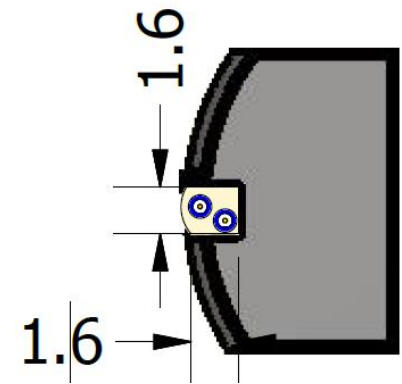
Auszugsversuche LANG



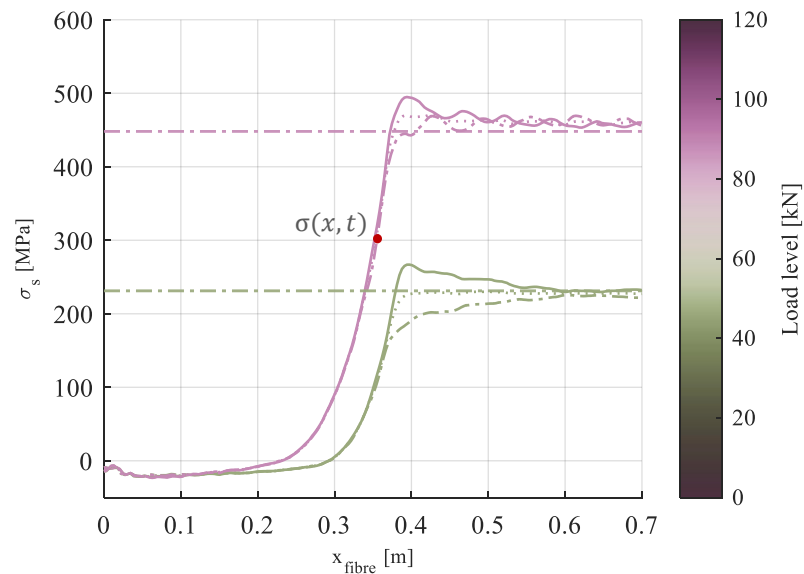
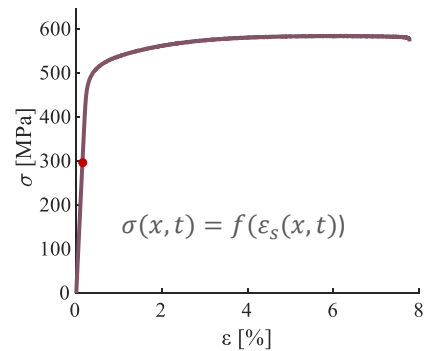
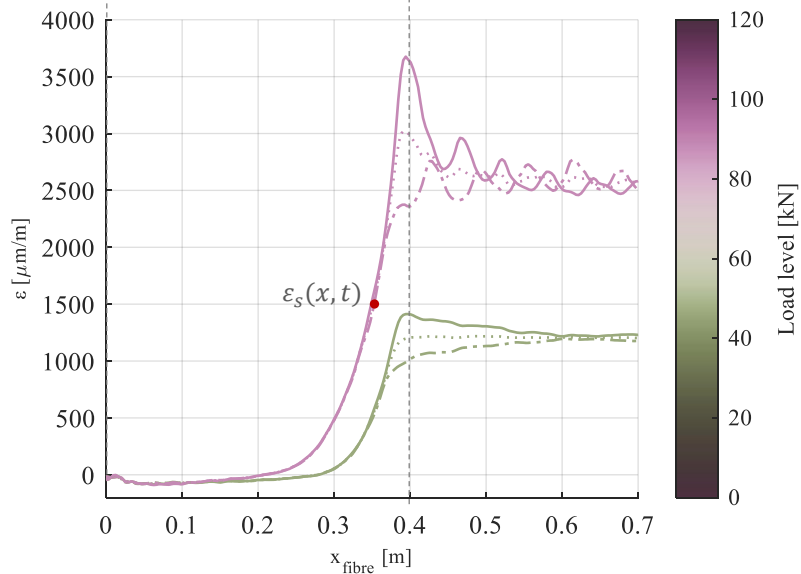
Kontinuierliche faseroptische Dehnungsmessungen



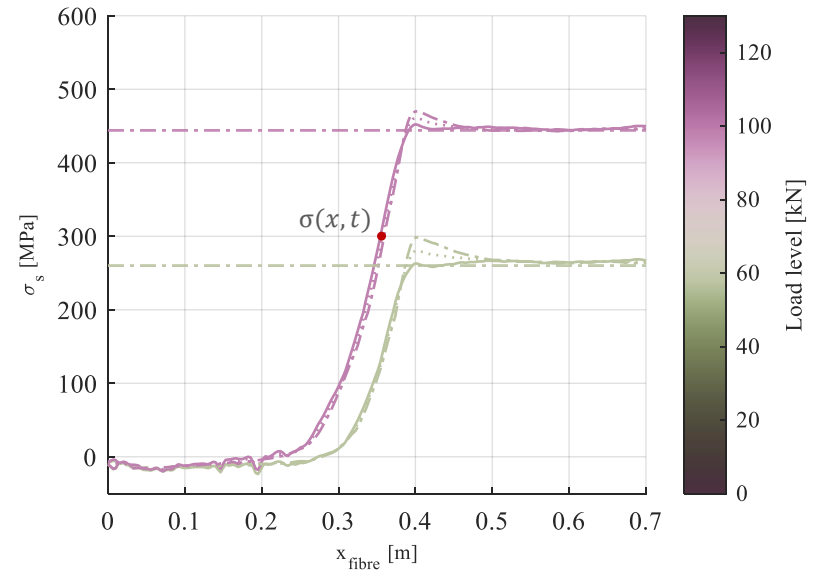
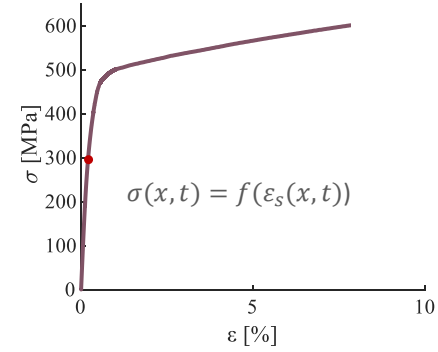
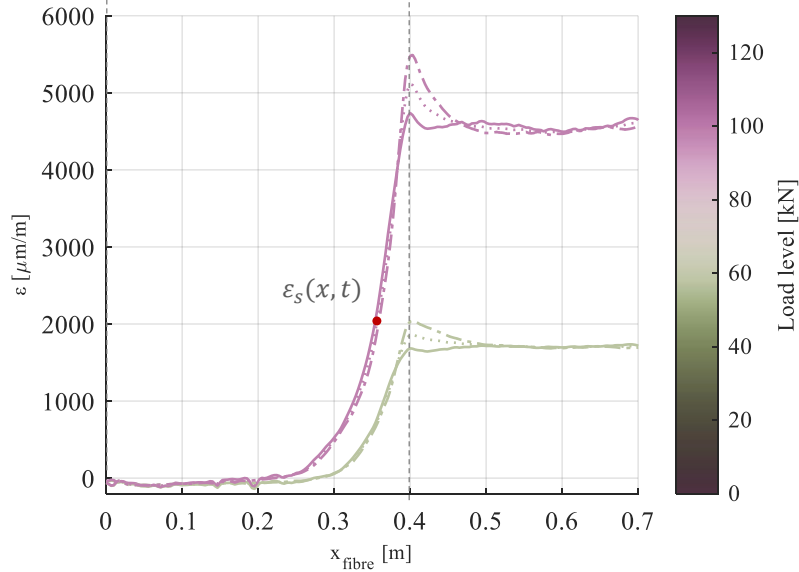
Detail A



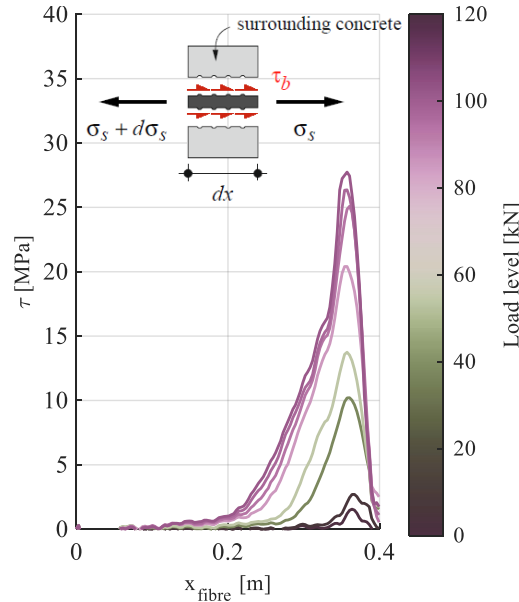
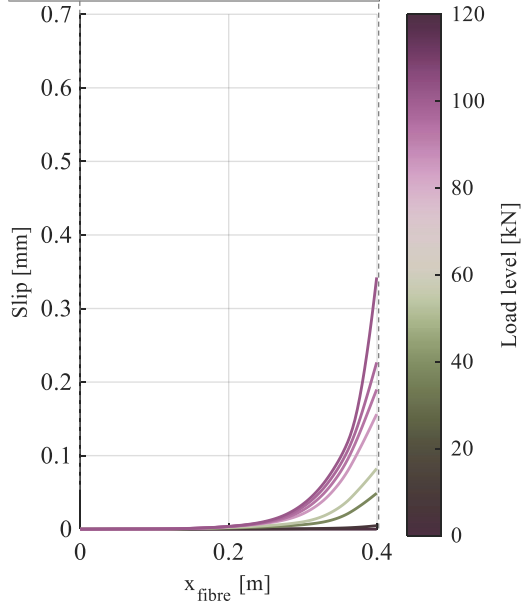
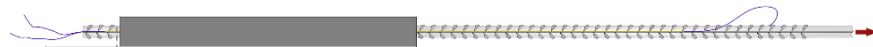
B500B in UHFB



Fe-SMA in UHFB



B500B in UHFB



Berechnung Schlupf

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

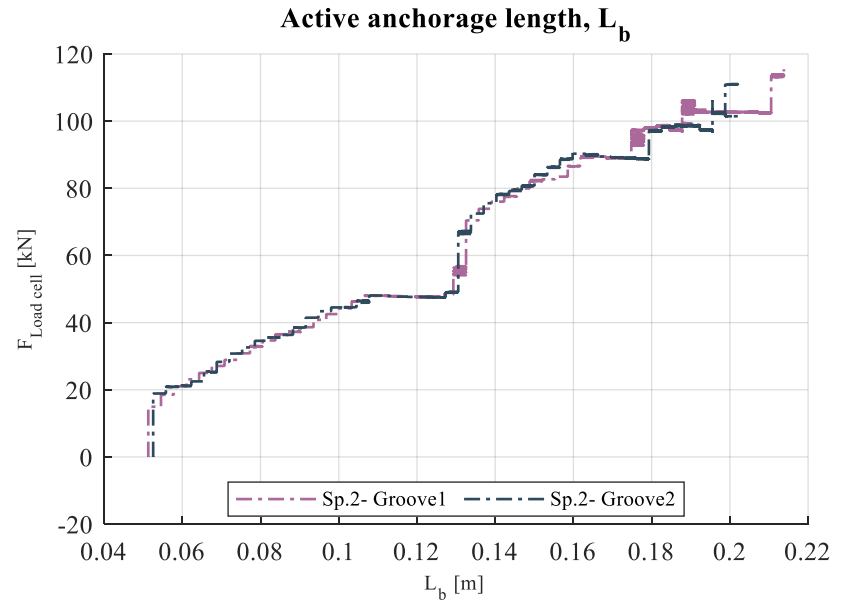
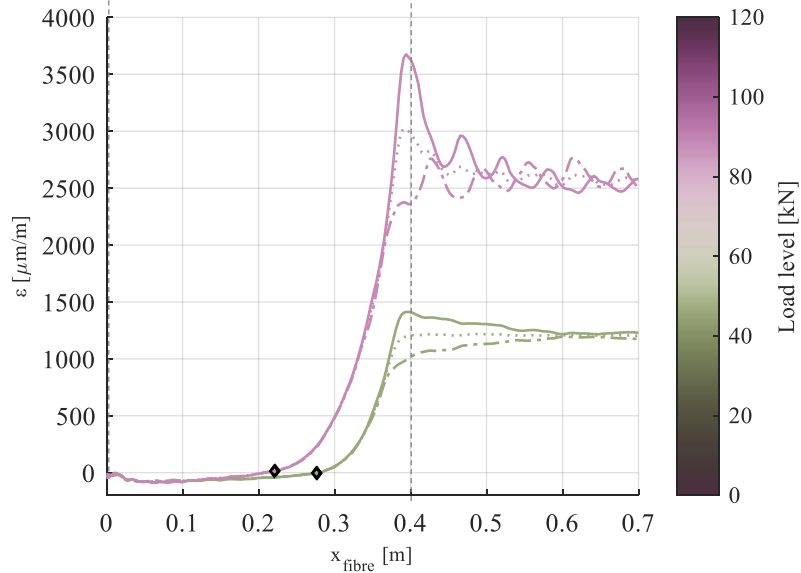
wird vernachlässigt



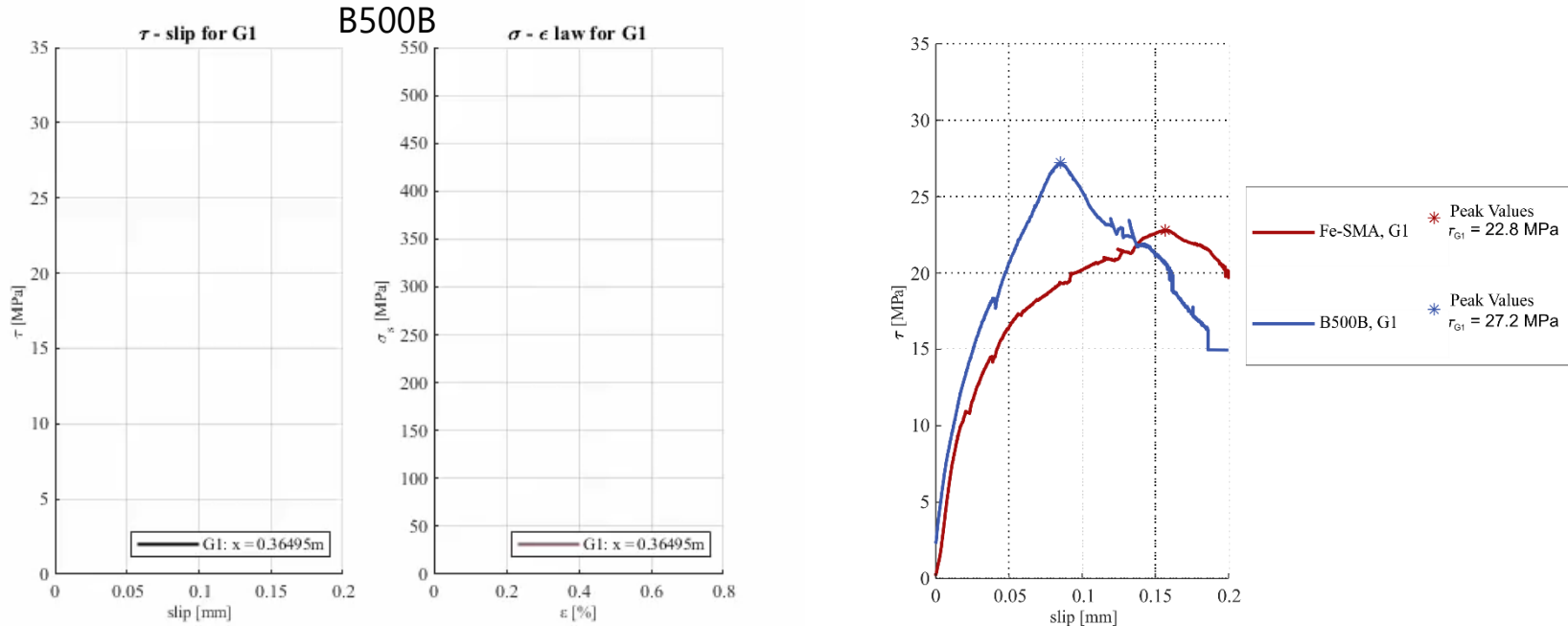
Berechnung Verbundschubspannung

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

B500B in UHFB



Verbundschubspannungs-Schlupf (τ -s) Diagramme



τ -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
σ_{\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

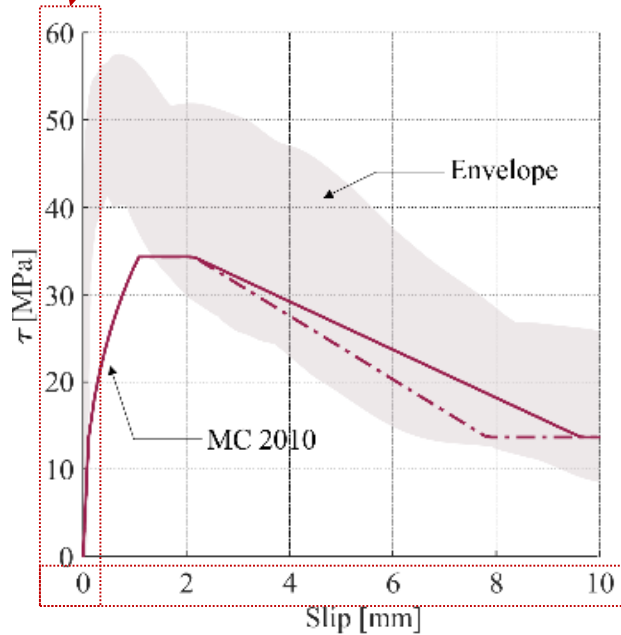


Vergleich der Auszugsversuche

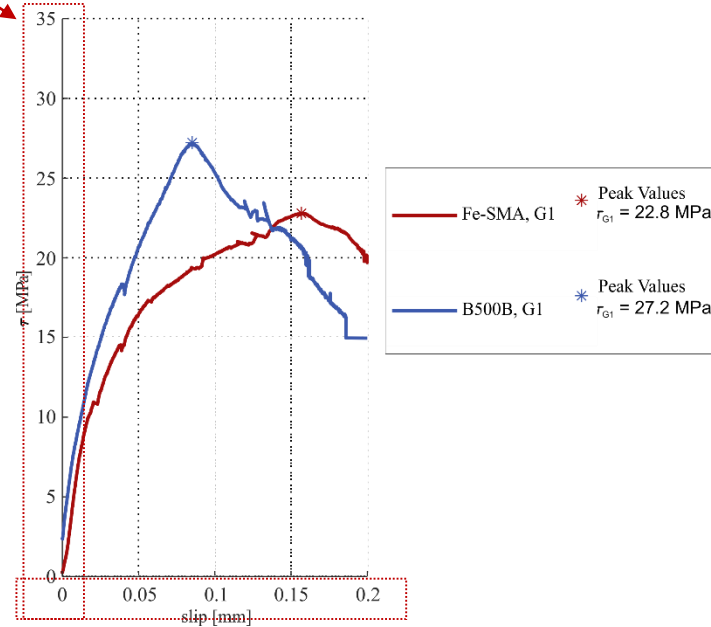


Verschiedene Achsen

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 _A (°C)
0				<i>Control slab</i>		
1	40	B500B	UHPFRC	//	15.9	-
2	40	Fe-SMA ^{4%}	UHPFRC	//	16.8	-
3	40	Fe-SMA ^{4%}	UHPFRC	//	16.8	200
4	40	Fe-SMA ^{4%}	UHPFRC	Perp.	16.8	200

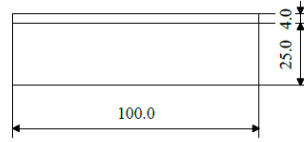


Vorfabrikationsfirma
DSE systems AG
Haag 1322
8723 Maseltrangen

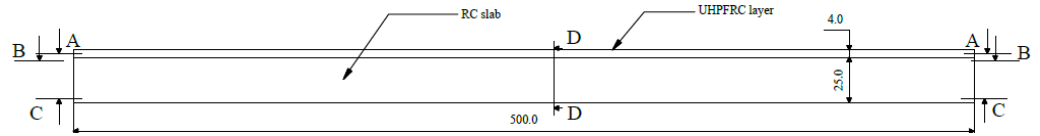
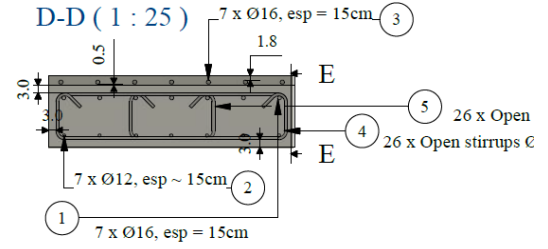




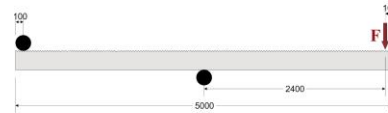
Cross-section (1:25)



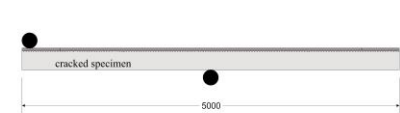
D-D (1 : 25)



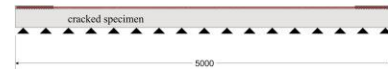
Phase 1: Preloading above m_u , e.g.: $F=20kN$



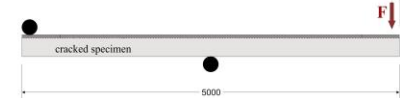
Phase 4: Casting UHPFRC between anchorages



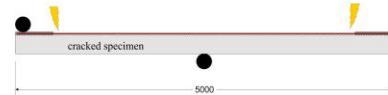
Phase 2: Casting of UHPFRC anchorages



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



SW

Unternehmenskultur



waltgalmarini

Bartenbach
THE LIGHTING INNOVATORS



We create chemistry

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?