

Brückentagung 2011

Großversuche zur Beurteilung des Schubtragverhaltens bestehender Spannbetonbrücken



DI Dr. Markus Vill

Brückenbau und konstruktiver Ingenieurbau, ÖBB-Infrastruktur AG

DI Dr. A. Schweighofer und O.Univ.-Prof. Dr. J. Kollegger

Institut für Tragkonstruktionen - Betonbau, TU Wien

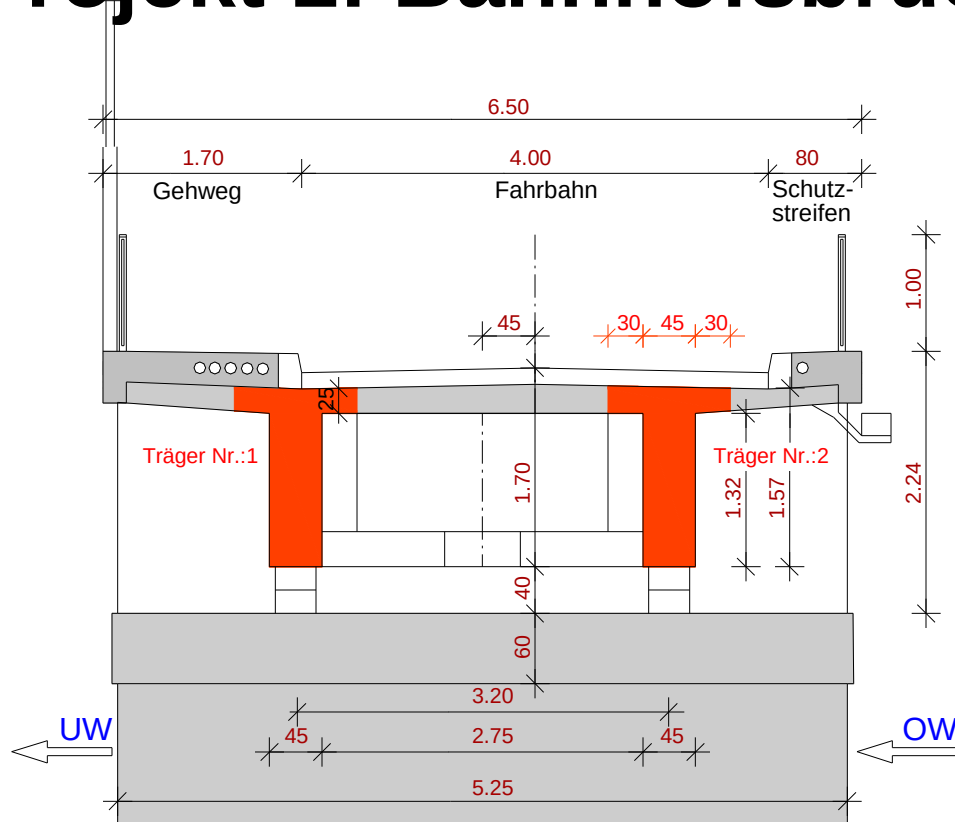
Hintergrund des Forschungsvorhabens

- Erste Spannbetontragwerke wurden zu Beginn der 1950er Jahre errichtet – derzeit noch in Gebrauch
- DIN 4227 im Jahre 1953 als erste Spannbetonnorm veröffentlicht, auch in Österreich zur Bemessung angewandt
- Änderung der Querkraftbemessungsmodelle im Laufe der Normenentwicklung
- Bemessung nach heutigen Normenwerken ergibt mehr Schubbewehrung
- Bestand an Spannbetonbrücken aus dem Zeitraum 1950 bis 1975 vor allem im hochrangigen Straßennetz sehr groß
z. B. Bundesfernstraßennetz in DE: 38.066 Bauwerke
1.996 km Gesamtlänge
davon 87% Stahlbeton- und Spannbetonbrücken

Entwicklung der Querkraftbemessungsmodelle

Beginn der Spannbetonbauweise ab 1950er Jahre: DIN 4227, F. Leonhardt, ÖVBB Richtlinie	Aktueller Normenstand: Eurocode 2 DIN 1045-1:2008 DIN FB102
• Nachweis der Hauptzugspannungen des Betons – Einhaltung Grenzwert – kein Nachweis der Schubbewehrung erforderlich • jedoch konstruktive Bewehrung bei Balken vorgeschrieben • Empfehlung von F. Leonhardt generell: Abdeckung von 50 % der Hauptzugspannungen auch bei Unterschreitung der Grenzwerte $\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$ $\leq 2,3 \text{ N/mm}^2 \text{ bei B500}$	• Fachwerkanalogie • Mindestbewehrung zur Abdeckung des Betontraganteils • Vermeidung von sprödem Versagen

Projekt 1: Bahnhofsbrücke



- Straßenbrücke Baujahr 1953, 4,0 m Fahrbahnbreite
- Zweifeldsystem mit je 31,30 m Stw.
- Konstruktionshöhe Stege 1,57 m
- Stegbreite Feld: 45 cm
- Entnommene Träger 2 Stück à 14 m



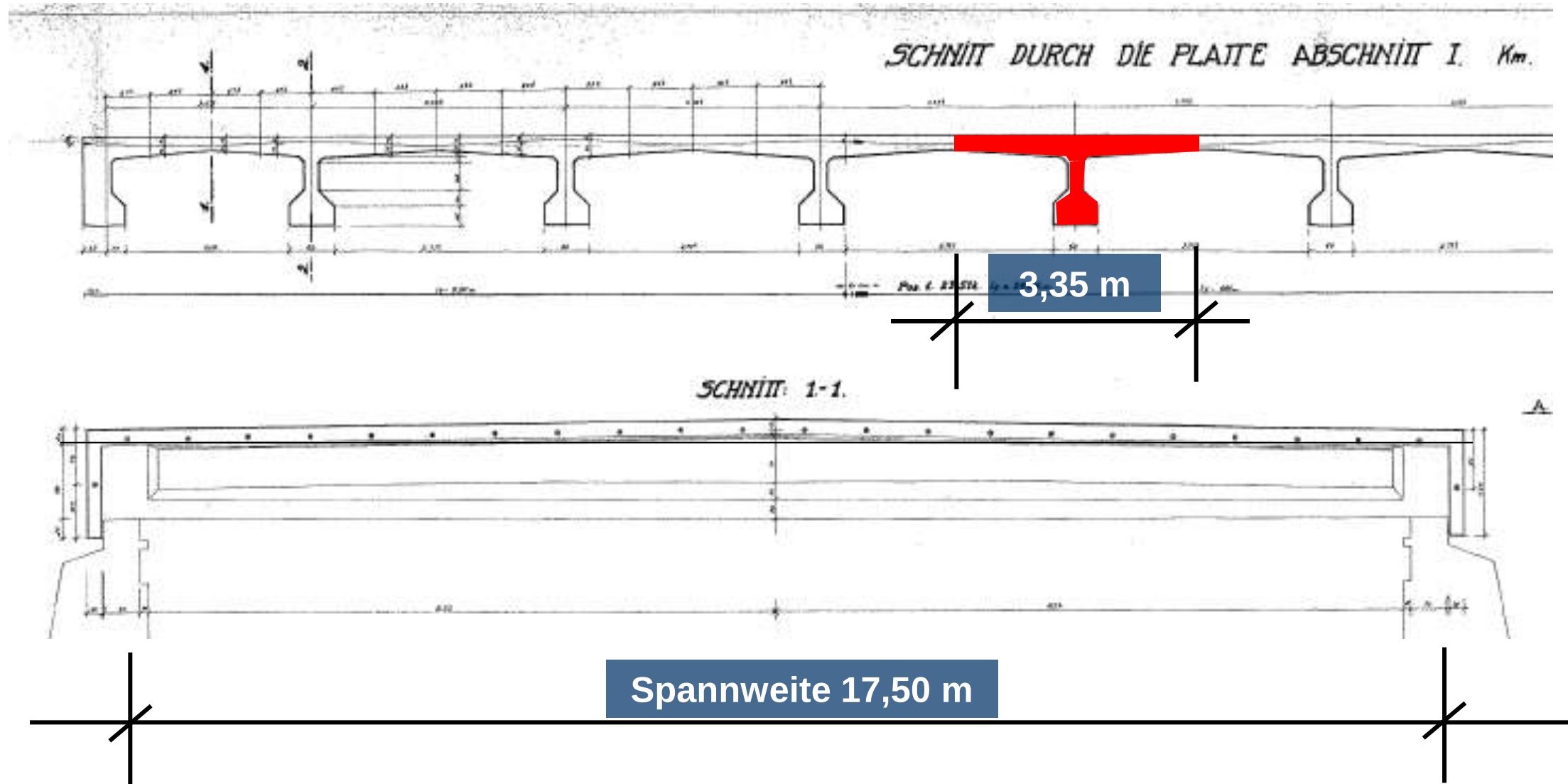
Projekt 2: Südtiroler Platz – S-Bahnstation



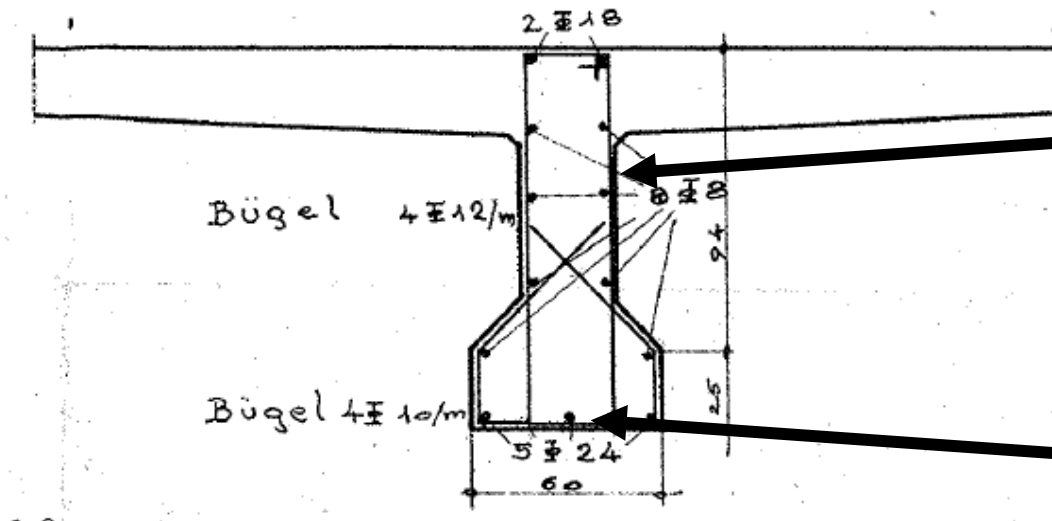
- Straßenbrückenträger Baujahr 1960
- 3,33 m Achsabstand der Träger
- Einfeldsystem mit je 17,50 m Stützweite
- Konstruktionshöhe Stege
1,10 bis 1,40 m
- Stegbreite Untergurt: 0,60 m

- Betondruckfestigkeit lt. Plan: B500
- Entnommene Bohrkerne mit Spannstählen
- St 75/105, Fa. DYWIDAG
Spannstahl: $\varnothing = 26 \text{ mm}$
Hüllrohr: $\varnothing = 32 \text{ mm}$

Beschreibung der Tragwerke – Schnitte



Beschreibung der Tragwerke – schlaaffe Bewehrung

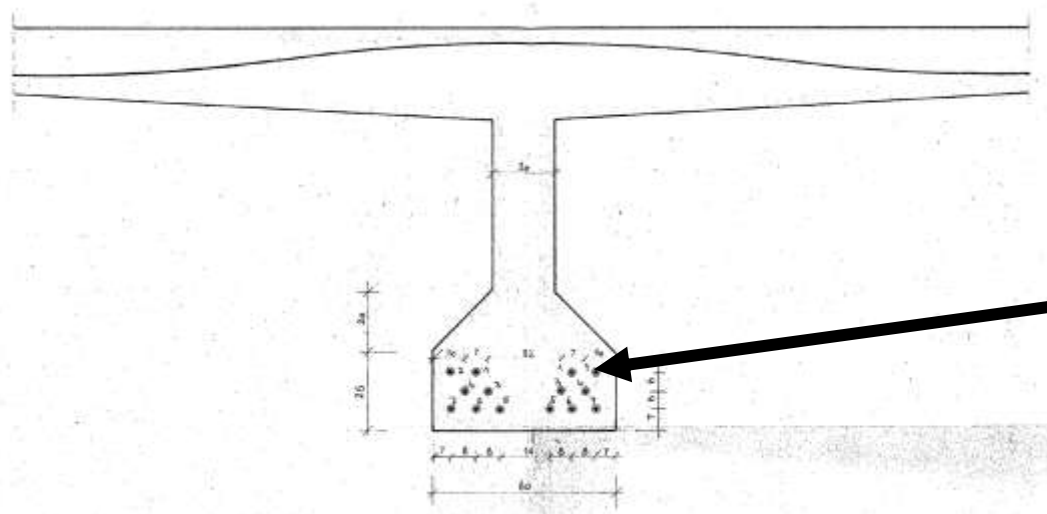


Stegflächen

$\Phi 8/30$

Längsbewehrung

$5 \cdot \Phi 24$



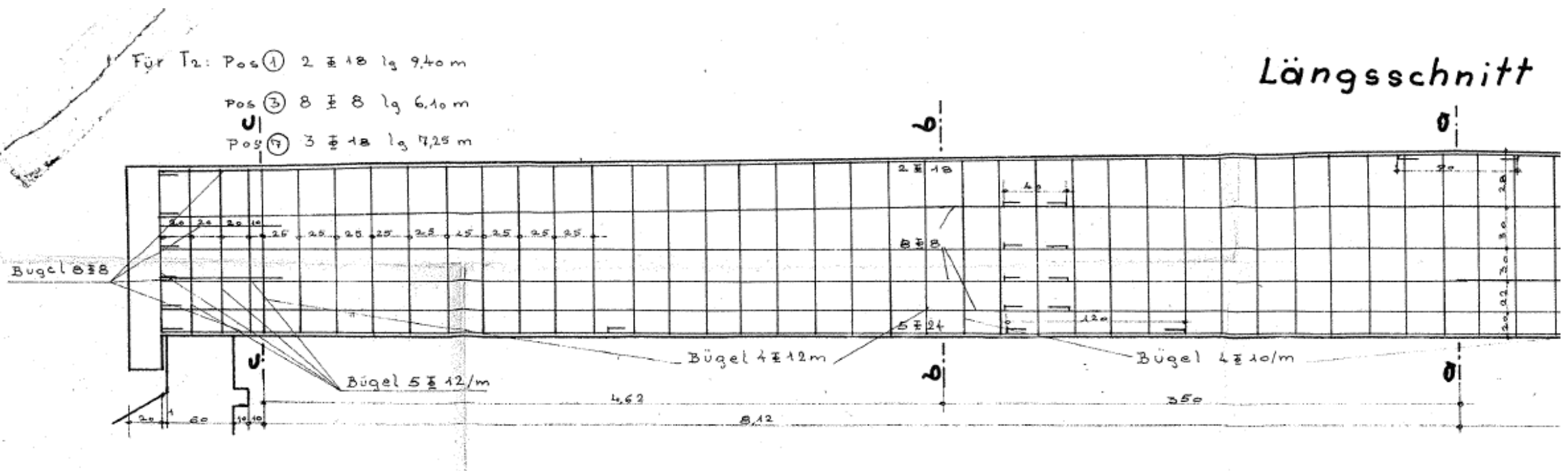
Vorspannung $14 \cdot \Phi 26$

$P_v = 4.200 \text{ kN}$

Beschreibung der Tragwerke – schlaaffe Bewehrung

Bü ø 12/25

Bü ø 10/25



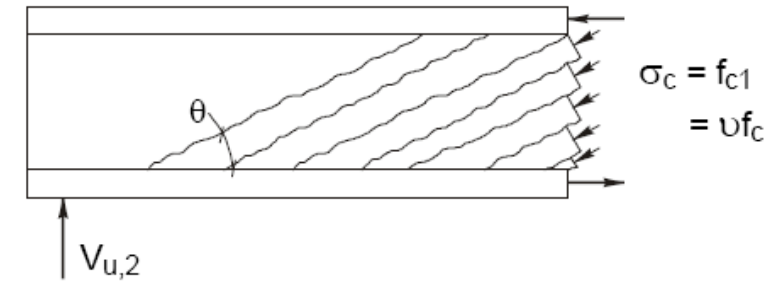
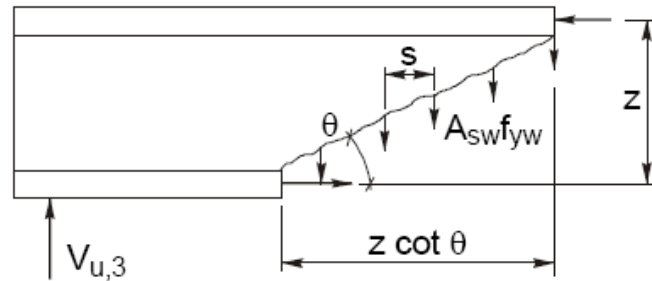
Problemstellung: Nachweis der Schubtragfähigkeit

- Belastungsansatz nach
ÖNORM B4002:1970

Brückenklasse 1:

SLS: $V_k = 950 \text{ kN}$

ULS: $V_{Ed} = 1.330 \text{ kN}$



- Widerstand Betonzugstrebe

EUROCODE 2

$V_{Rds} = 863 \text{ kN}$

- Widerstand Betondruckstrebe

EUROCODE 2

$V_{Rd,max} = 2.300 \text{ kN}$

Nachrechnung gemäß EC 2

ULS: Schubbewehrung

vorh. $a_{sw} = 9,05 \text{ cm}^2/\text{m}$

erf. $a_{sw} = 16,10 \text{ cm}^2/\text{m}$

Nur 56% der erf. Schubbewehrung
vorhanden

Beschreibung der Versuchsträger – Aushub



- Trennschneiden der Fahrbahnplatte unter Bahnbetrieb auf ca. 2/3 der Plattendicke
- Aushub mittels Raupenkran

- Entnahme von 4 Spannbetonträgern zur Versuchsdurchführung
- 3 zerstörende Schubversuche
 - 1 Spannkraftmessung

Schlaffe Bewehrung Torstahl – Mittelwerte aus 5 Proben

Proben	A_{eff}	F_{eH}	F_{m}	R_{eH}	R_{m}	$A_{\text{Br 5d}}$	$A_{\text{Br 10d}}$	A_{g}
	[mm ²]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]	[%]	[%]
ø 18	254,5	105,4	120,4	410	467	15,1	9,7	4,4

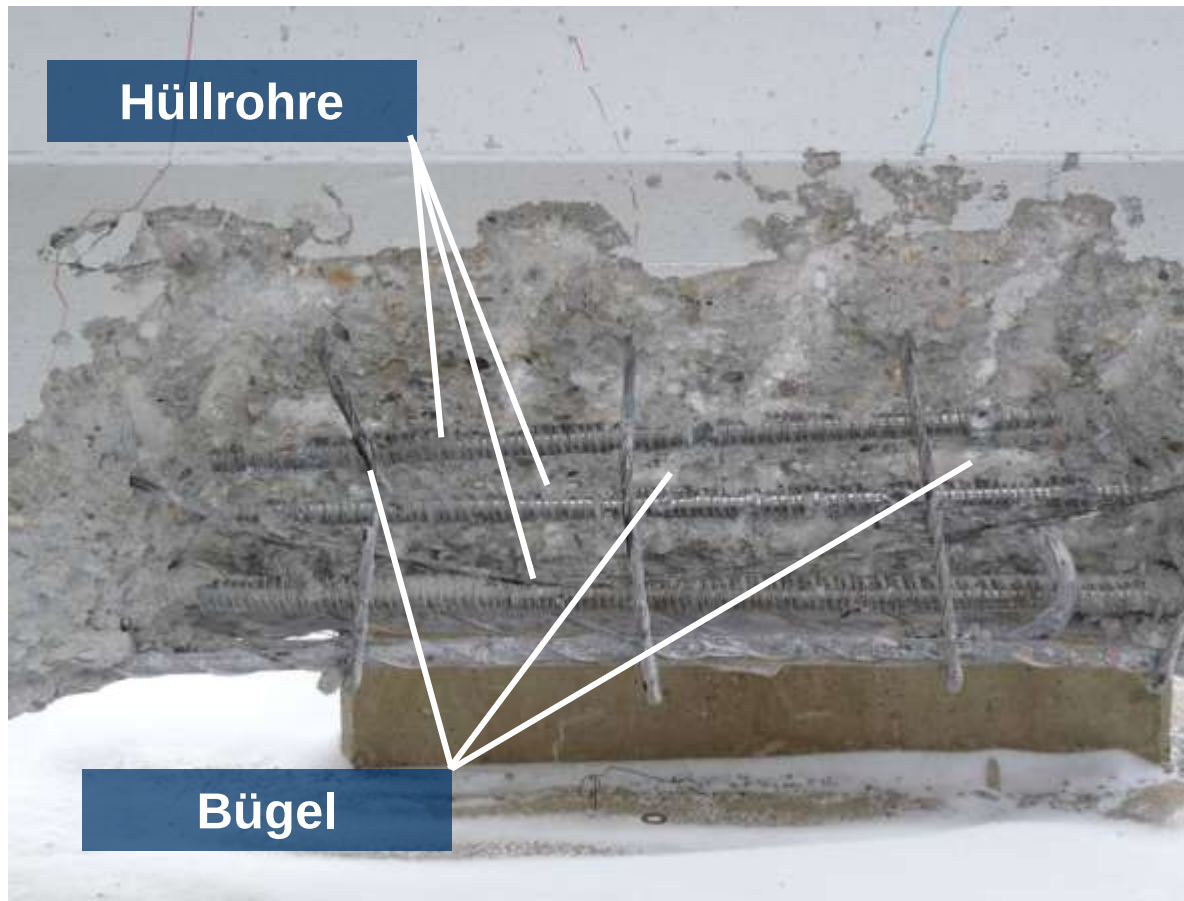
Spannbewehrung – Mittelwerte aus 6 Proben

Proben	$F_{\text{p 0,2}}$	F_{m}	$R_{\text{p 0,2}}$	R_{m}	E-Modul	$A_{\text{Br 5d}}$	A_{g}	$R_{\text{m}}/R_{\text{p0,2}}$
	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[kN/mm ²]	[%]	[%]	[-]
ø 26	369	417	730	1055	210	-	-	1,45
ø 26	572	566	788	1070	215	14,4	9,2	1,36

Beton – $f_{\text{cm}} = 70,9 \text{ N/mm}^2$



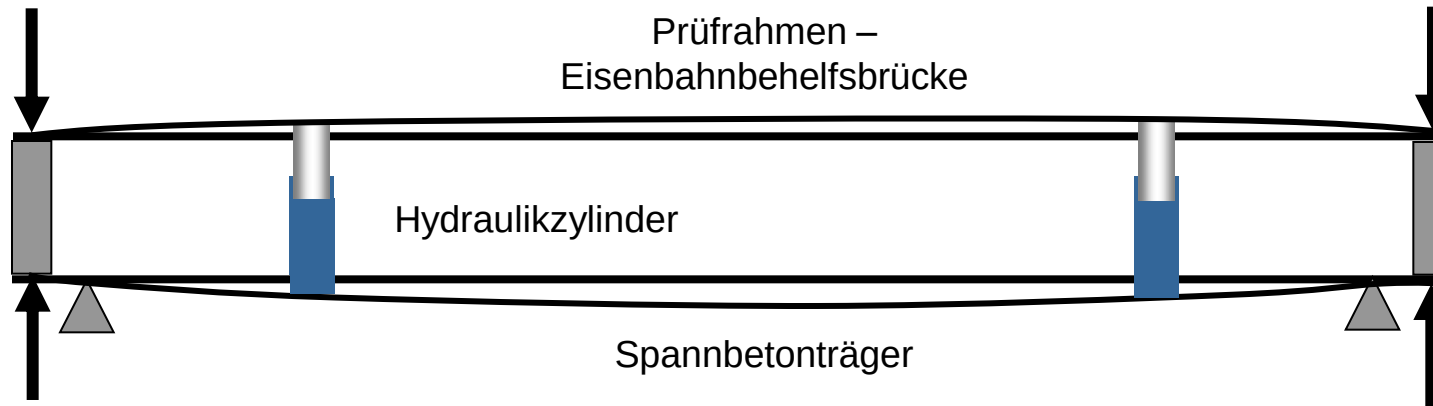
Karbonatisierung



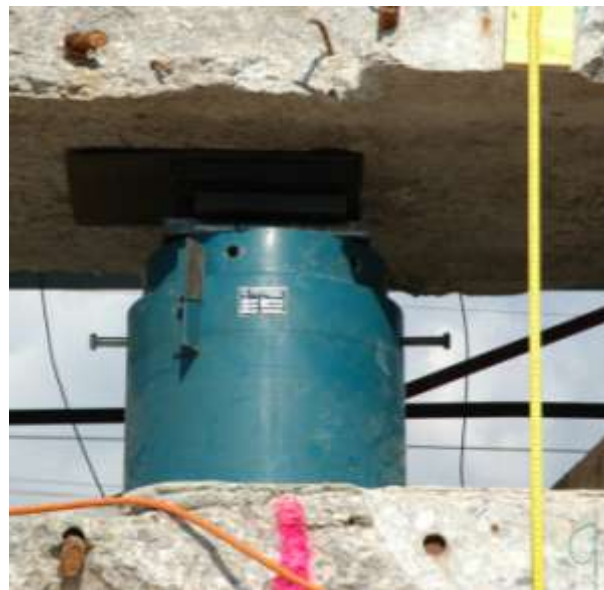
Maximale gemessene
Karbonatisierungstiefe: 2 cm

Versuchsaufbau – Prinzipskizze

8 GEWI Stäbe
M36, 8.8,
 $P_v=2.000\text{kN}$



8 GEWI Stäbe
M36, 8.8,
 $P_v=2.000\text{kN}$



Versuchsaufbau

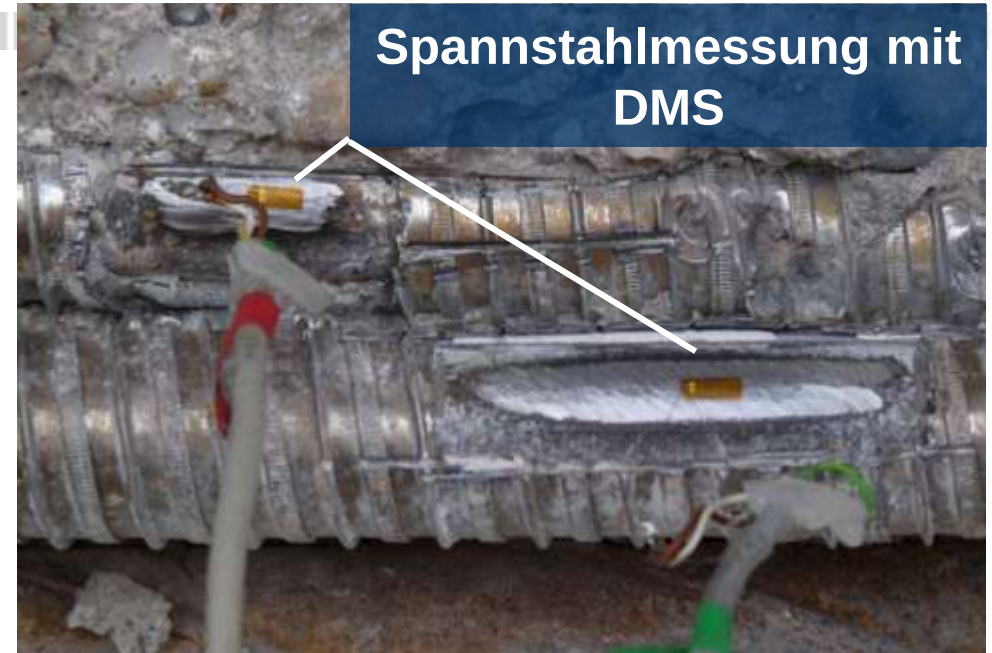


Behelfsbrückenträger
je ca. 400 kN

Versuchsträger ca. 650 kN

Messprogramm

- Versuchslasten
- Durchbiegungen
- Betondruckstauchungen
- Dehnungen in den Bügeln
- Rissbreiten
- Kraft im Spannstahl

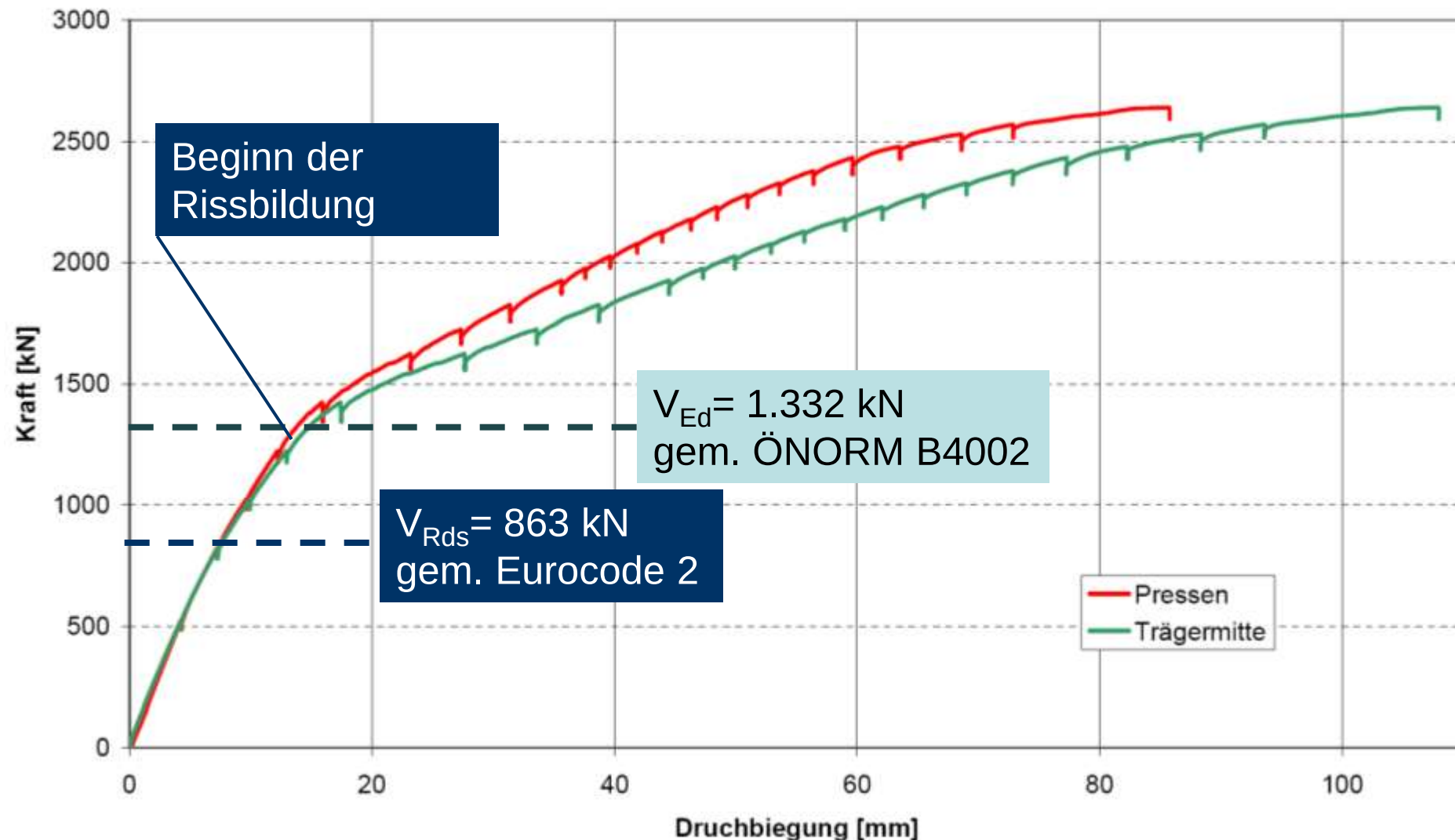


Versuchsprogramm – Übersicht

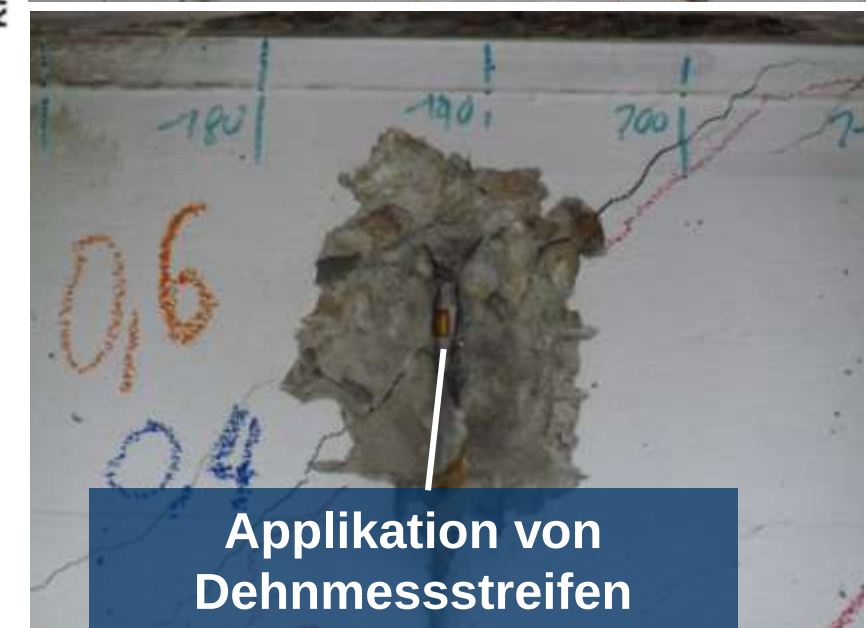
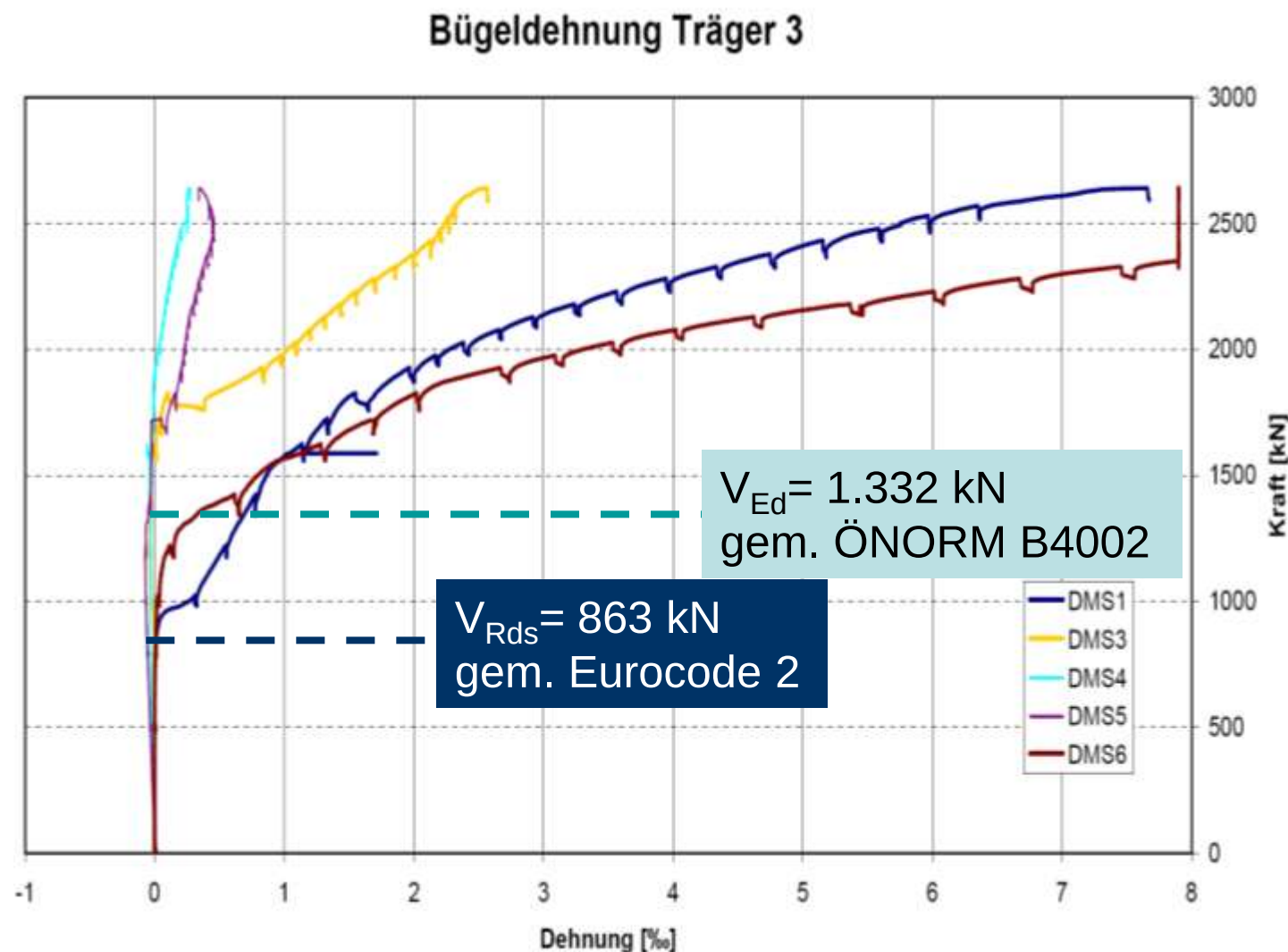
	Pilotversuch	Träger 2	Träger 3	Träger 4
Abstand zur Presse jeweils	3,5 m	3,5 m	2,75 m	Ermittlung der vorhandenen Spannkraft
Maximalkraft im Versuch	2 x 2.180 kN	2 x 2.280 kN	2 x 2.550 kN	
Besonderheiten/Versagen	Kein Versagens-eintritt	Versagen durch Fließen Biegebew.	Versagen durch Fließen Biegebew.	

Versuchsergebnisse: Kraft – Durchbiegungsdiagramm

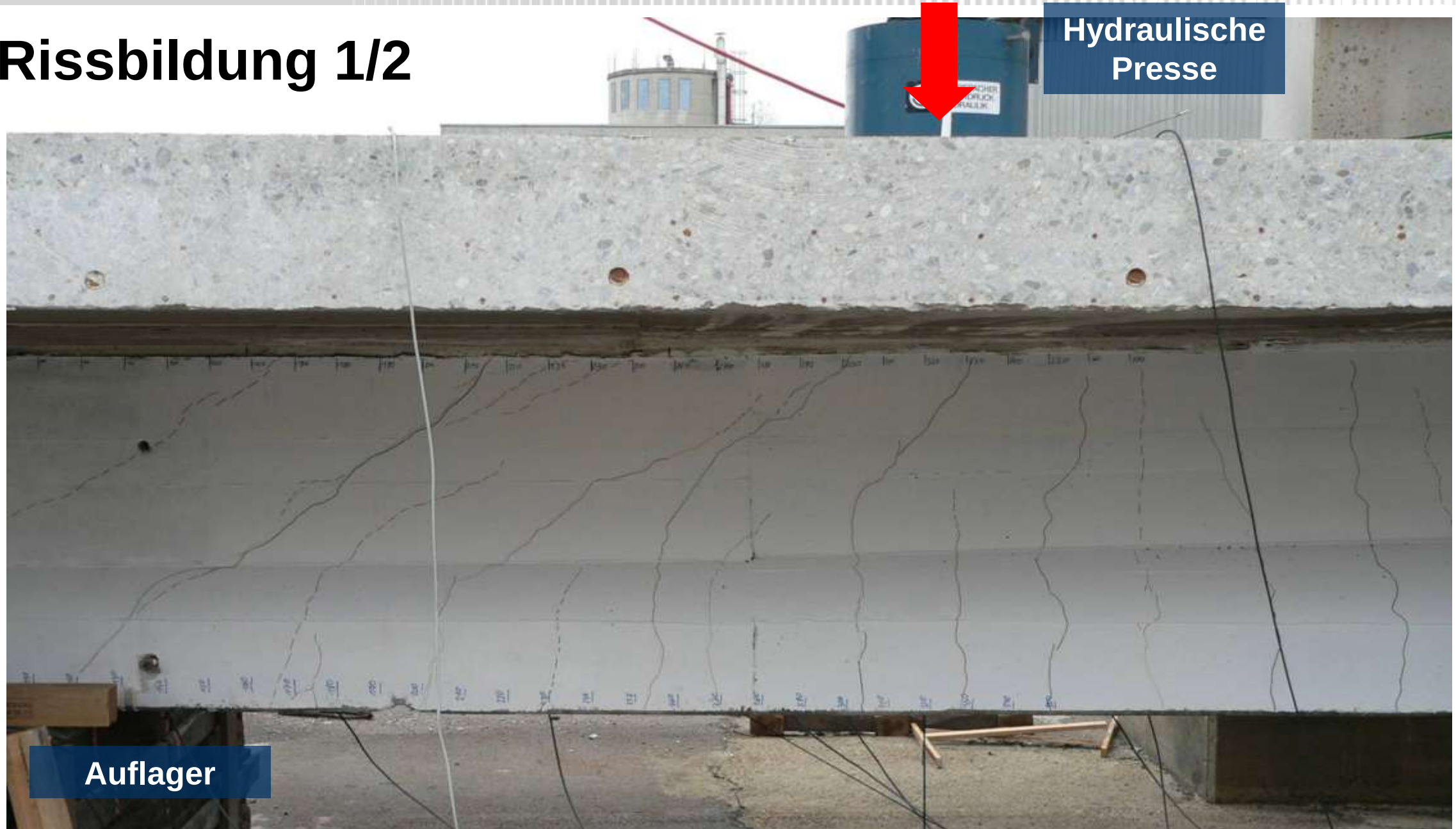
Kraft - Durchbiegung Träger 3



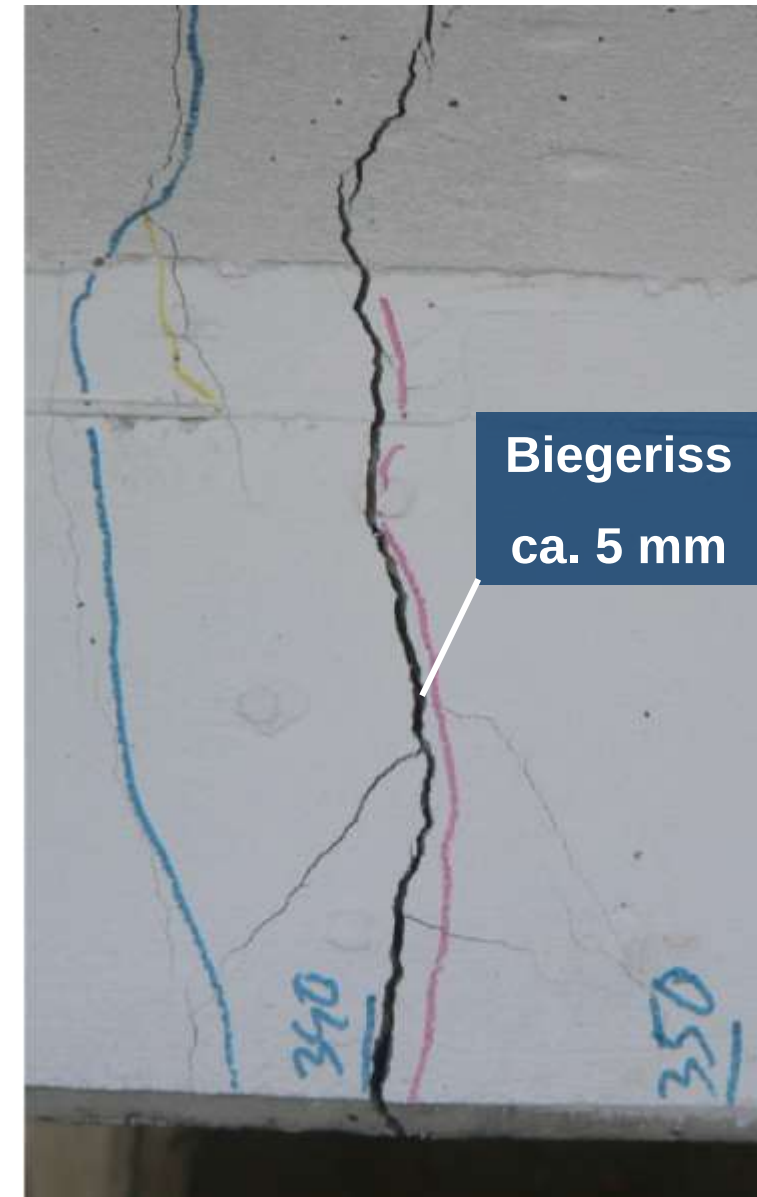
Versuchsergebnisse: Kraft – Bügeldehnungsdiagramm



Rissbildung 1/2



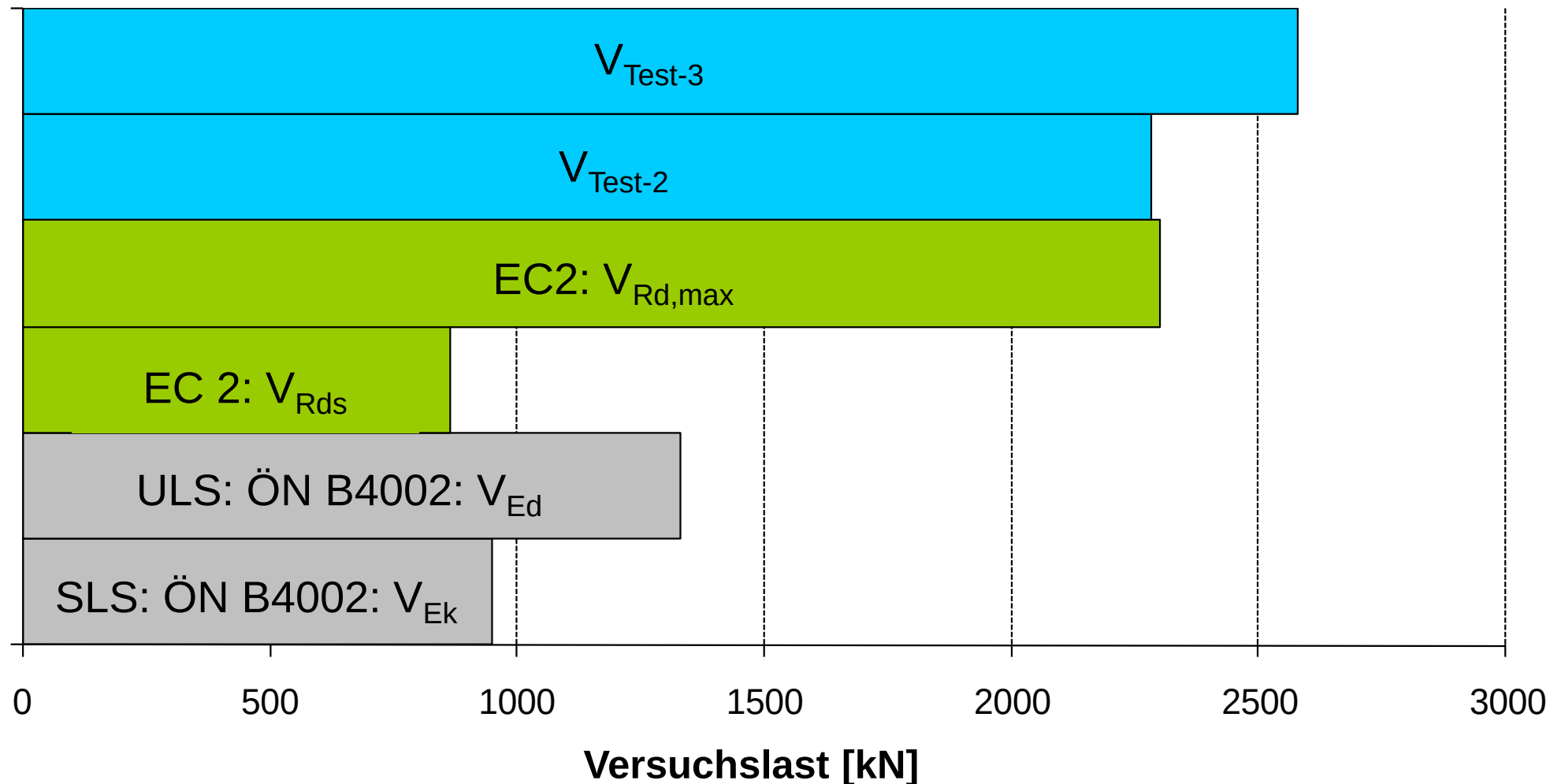
Rissbildung 2/2



Rissbildung bei ca. 2 x 2.200 kN Versuchslast

Vergleich der Versuchsergebnisse mit Rechenwerten

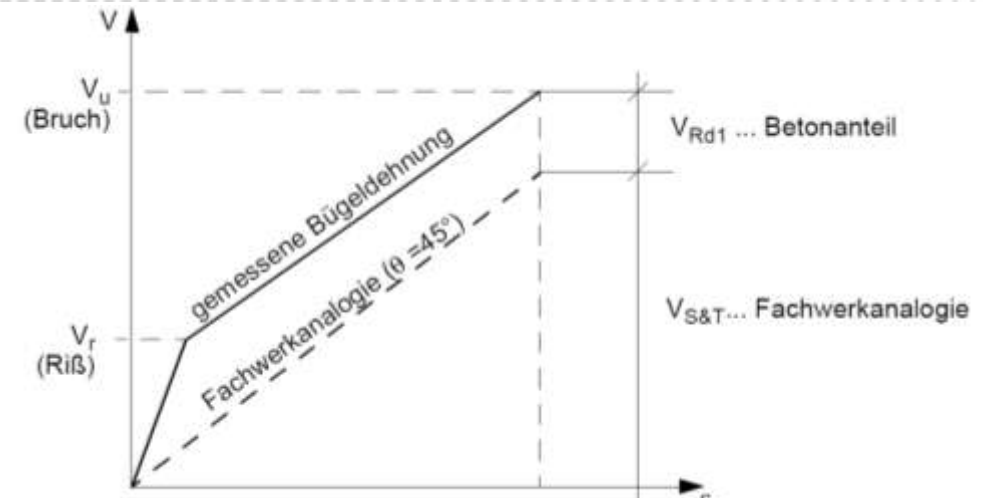
Vergleich der Ergebnisse



Tragwirkung von Trägerstegen bei Querkraft

Vergleich

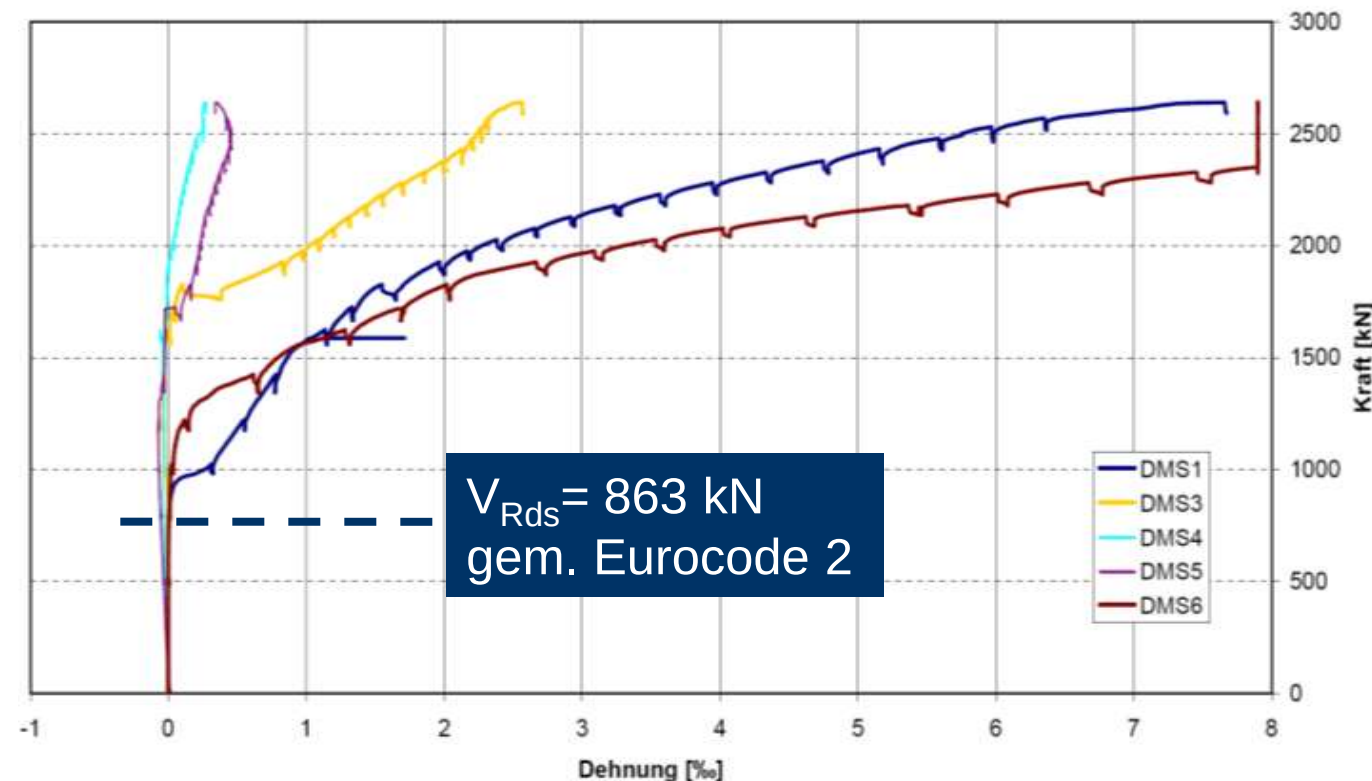
Idealisierte Bügeldehnungen
im Vergleich zur
Fachwerkanalogie



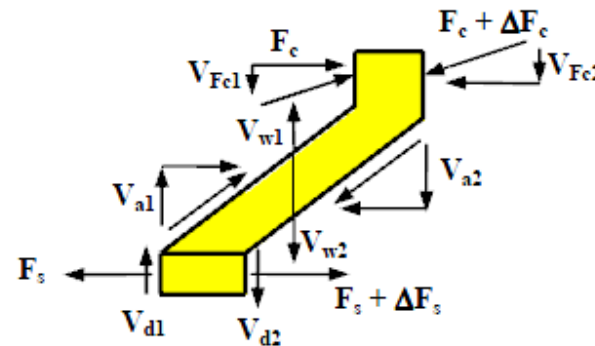
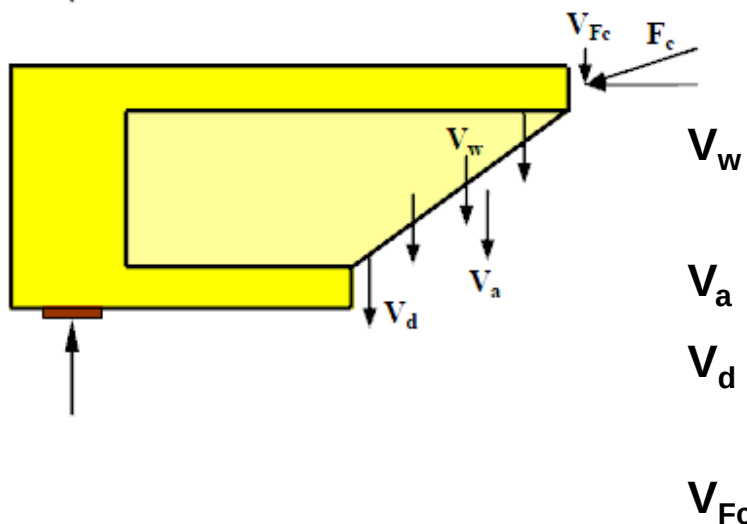
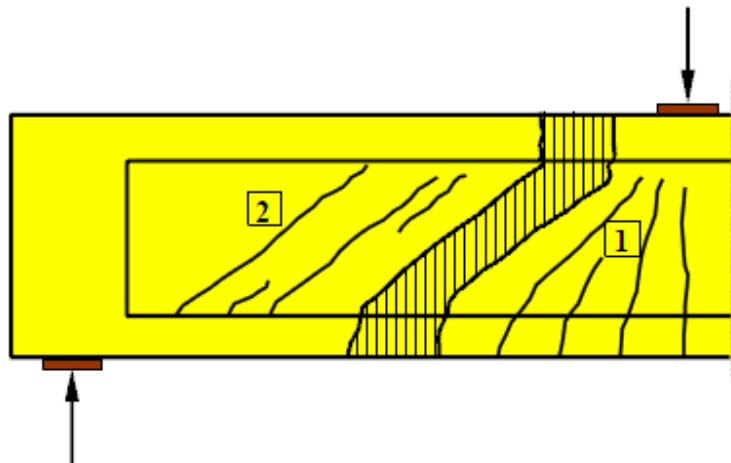
Bügeldehnung Träger 3

Versuchsergebnisse Träger 3

Gemessene Bügeldehnungen
im Vergleich zum
rechnerischen Widerstand der
Bügelbewehrung gem. EC2



Tragwirkung von Trägerstegen bei Querkraft



Querkraftanteil der
Schubbewehrung

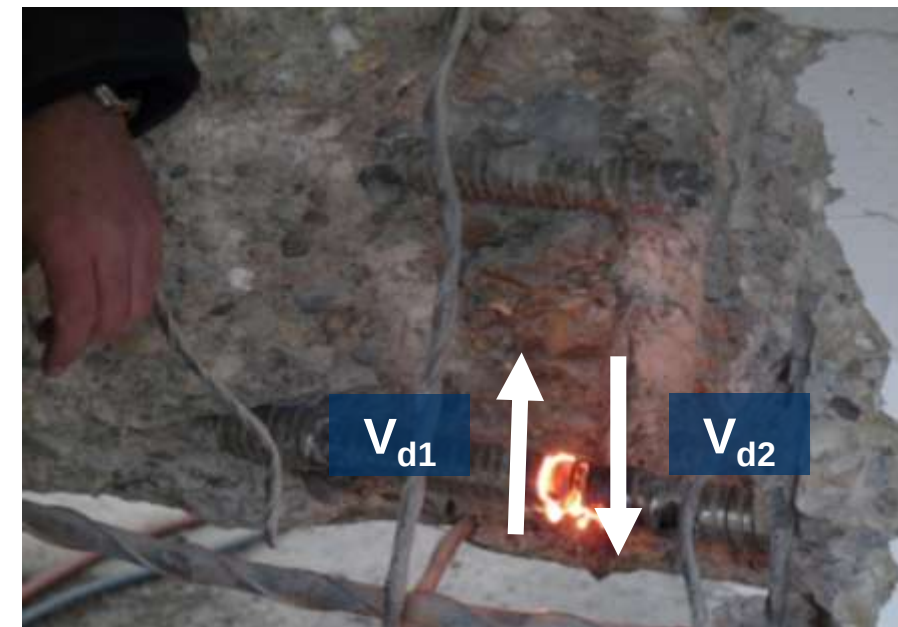
Rissverzahnung

Dübelwirkung

Längsbewehrung

Querkraftanteil der
Druckzone

Hohe Verdübelungs-
wirkung der
Spannbewehrung



Schlussfolgerungen

- Hohe Tragreserven gegenüber den rechnerischen Tragfähigkeiten
- ausgeprägtes Ankündigungsverhalten mit großen Rissbreiten
- Zugkraft in Bügelbewehrung im Gebrauchszustand ohne Schubrissbildung sehr gering
- kein Querkraftversagen, Biegezugversagen trotz auflagnaher Laststellung
- Berechnungsmodell nach EC 2 für neue Tragwerke gut geeignet, aber für Bestandstragwerke unwirtschaftlich
- Versuchsergebnisse sind wesentliche Basis für Nachrechnungsrichtlinie (ONR 24008)

Herzlichen Dank!



Team von Prof. Dr. J. Kollegger

Dr. Anton Schweighofer, DI Susanne Gmainer

DI Sonja Dallinger, DI Wolfgang Träger

DI Philipp Egger, DI Johannes Berger, DI H. Pardatscher

Team ÖBB Brückenbau

Ing. Johann Berger, DI HTL Helfried Axmann

Ing. Richard Zedlacher, Ing. Oliver Kurz, DI Martin Muncke

BM Michael Treitler