

Hilfsbrücken für 160 km/h



ÖBB-Regelplanung HHB

Hochleistungs-Hilfsbrücken

Moritz MENGE und Zoran BRUSCHETINI-AMBRO

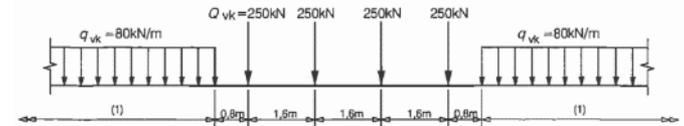
- Planung
- Konstruktion
- Dynamisches Verhalten

- Dynamische Messungen
- Ersteinsatz
- Ausblick



Veranlassung für eine neue Regelplanung:

- Neue Normengrundlage (Eurocodes & EN 1090-2)
- Wissenschaftliche Erkenntnisse (Dynamik, Schweißnähte)
- Betriebliche Erkenntnisse (Handling, Anforderungen)
- Alterserscheinungen der bestehenden Schnellfahrhilfsbrücken SFH
- Leistungsfähigkeit (Belastung, V-max)



Allgemeine Anforderungen an Hilfsbrücken:

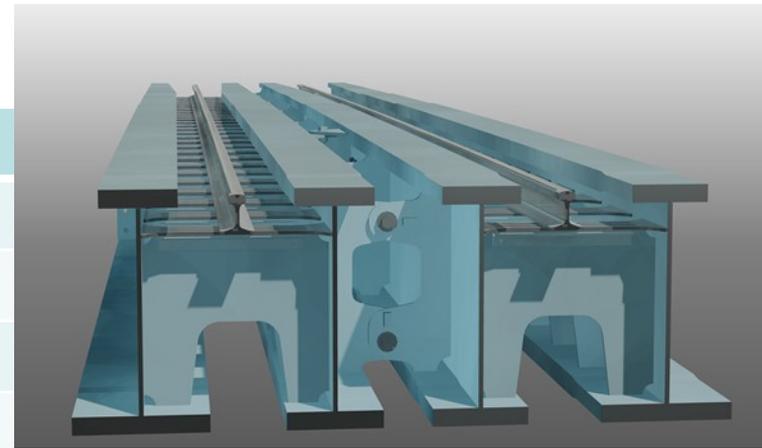
- Bauhöhe
- Eigengewicht
- Verkehrslasten
- Überfahrtsgeschwindigkeit
- Gleisgeometrie
- Nutzungsdauer
- Robustheit

→ Streckenverfügbarkeit

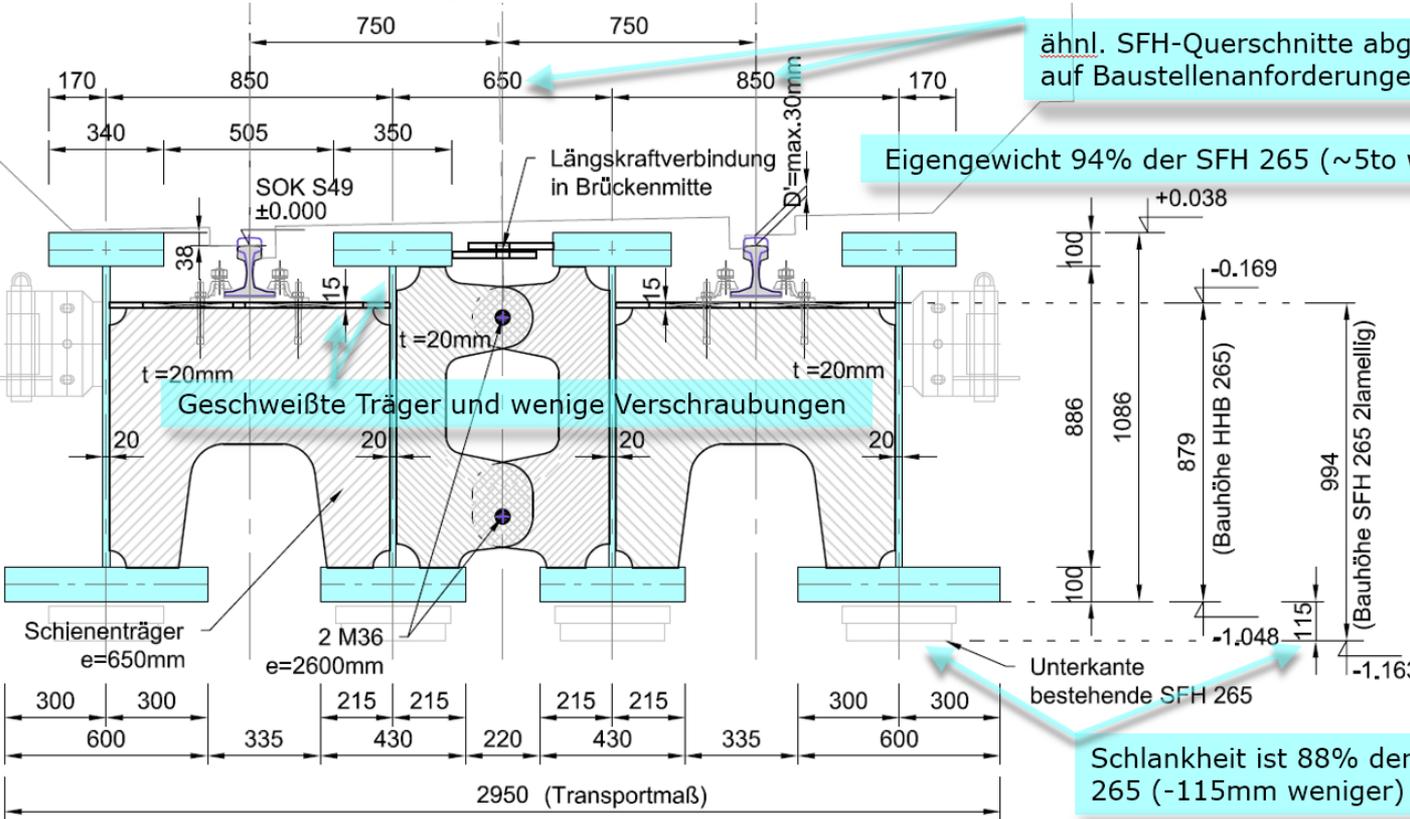


Anforderungen Hochleistungshilfsbrücke:

Kriterium	HHB (neu)
Gleisgeometrie	$R > 400\text{m}$ & $D = 0-160\text{mm}$
Überfahrtsgeschwindigkeit	$\geq 160\text{ km/h}$
Bauhöhe	geringer als SFH
Eigengewicht	nicht höher als SFH
Lastklasse	LM71 Klasse +0 & SW/2
Ermüdung	LM71+0 (50 Jahre)
Resonanzverhalten	Zugüberfahrt $a_v < 8\text{ m/s}^2$
Geometrie	möglichst geringe Einschränkungen für die Baustelle uneingeschränkte Flexibilität



Querschnitt neue Hilfsbrücken (HHB 265)



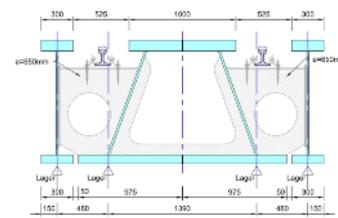
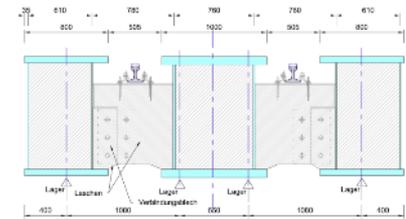
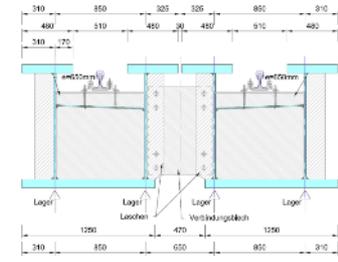
ähnl. SFH-Querschnitte abgestimmt auf Baustellenanforderungen

Eigengewicht 94% der SFH 265 (~5to weniger)

Geschweißte Träger und wenige Verschraubungen

Unterkante bestehende SFH 265

Schlankheit ist 88% der SFH 265 (-115mm weniger)



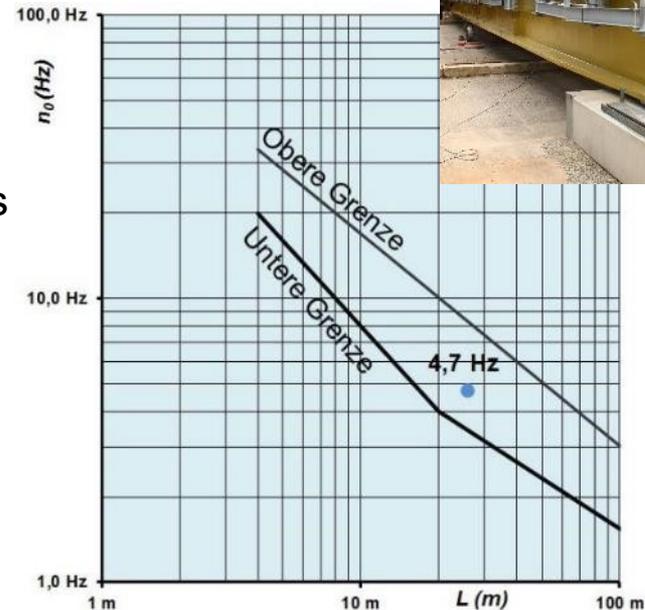
Triebfahrzeug

Steuerwagen



Dynamik / Zugüberfahrten / Resonanz

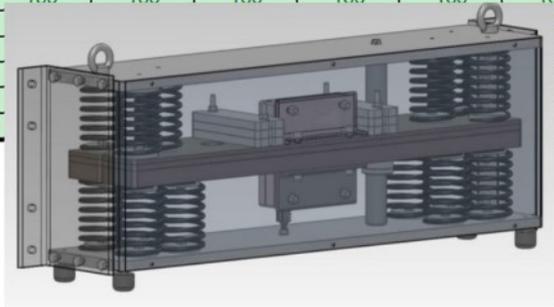
- Geschwindigkeitsbereich bis $\geq 160\text{km/h}$ ($160\text{km/h} \times 1,2 = 192\text{ km/h}$)
- Verzicht auf GPE
- Untersuchung der Dynamik gem. ÖBB-RiLis
- obwohl nach EUROCODE unbedenklicher Resonanzbereich, ergibt bei leichten/schlanken Tragwerken großes Resonanzrisiko



Leistungsfähigkeit (Interaktionstabelle V_{max} abh. von R und D)

REGELVERKEHR (Streckenklasse D4): v_{max} [km/h]

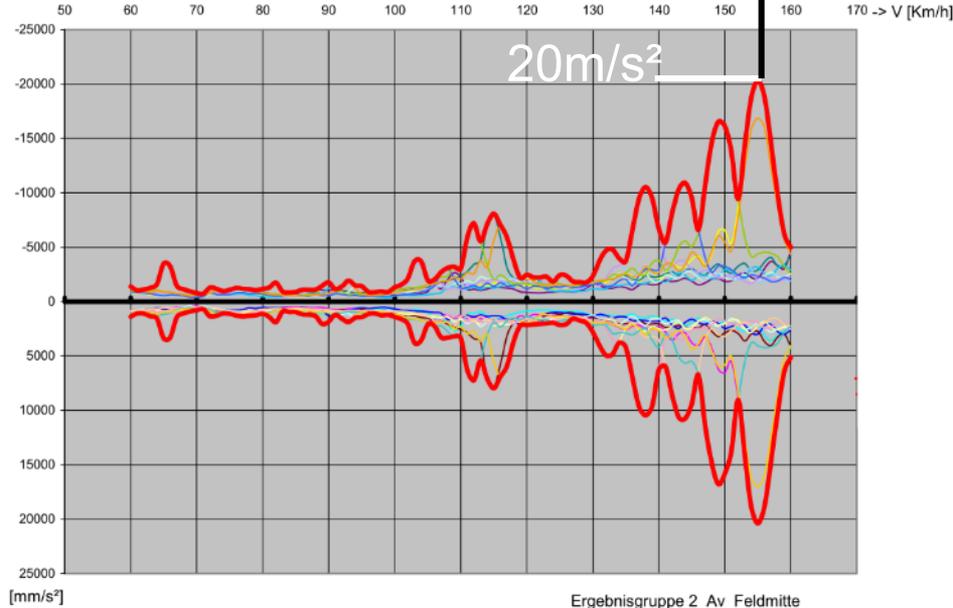
V_{max}		Radius R [m]													
D [mm]		R = 3000	R = 2500	R = 2300	R = 2000	R = 1750	R = 1500	R = 1250	R = 1000	R = 900	R = 800	R = 700	R = 600	R = 500	R = 400
Überhöhung D [mm]	0 mm	160	140	140	130	120	110	100	90	80	80	70	70	60	60
	10 mm	160	150	140	130	120	120	100	90	90	80	80	70	70	60
	20 mm	160	160	150	140	130	120	110	100	90	90	80	80	70	60
	30 mm	160	160	160	150	140	130	110	100	100	90	80	80	70	60
	40 mm	160	160	160	150	140	130	120	110	100	90	90	80	70	70
	50 mm	160	160	160	160	150	140	120	110	100	100	90	80	80	70
	60 mm	160	160	160	160	150	140	130	110	110	100	90	90	80	70
	70 mm	160	160	160	160	160	140	130	120	110	100	100	90	80	70
	80 mm	160	160	160	160	160	150	140	120	110	110	100	90	80	80
	90 mm	160	160	160	160	160	150	140	120	120	110	100	100	90	80
	100 mm	160	160	160	160	160	160	140	130	120	110	110	100	90	80
	110 mm	160	160	160	160	160	160	150	130	120	120	110	100	90	80
	120 mm	0	150	130	130	120	110	100	90	80	80	70	60	60	60
	130 mm	0	150	140	130	120	110	100	90	80	80	70	60	60	60
	140 mm	0	160	140	130	120	110	100	90	80	80	70	60	60	60
	150 mm	0	160	140	140	130	120	110	100	90	80	80	70	60	60
160 mm	0	160	150	140	130	120	110	100	90	80	80	70	60	60	



Resonanzen OHNE und MIT Schwingungstilger

155km/h

20m/s²



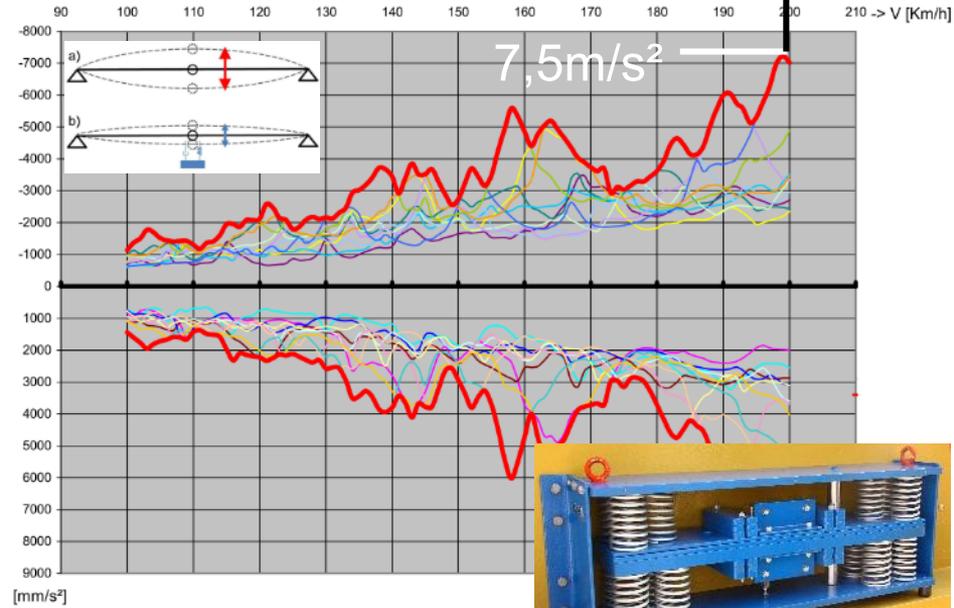
Ergebnisgruppe 2 Av Feldmitte

GBR_dyn-HSLM Hüllkurven

Züge HSLM-A 1 (1) bis HSLM-A10 (10) V von 60,0 bis 160,0 km/h

200km/h

7,5m/s²



GBR_dyn-HSLM Hüllkurven

Züge HSLM-A 1 (1) bis HSLM-A10 (10) V von 100,0 bis 200,0 km/h



Aufgabenstellung:

3 Messreihen jeweils mit 1,2 oder keinem Schwingungstilger

- Tragwerk im fertigen Zustand
- + einseitiger Begleitweg
- + beidseitiger Begleitweg

Fragestellungen:

- Funktionalität der Schwingungstilger wie geplant?
- Welche Auswirkungen hat eine Änderung der Zusatzmassen im Schwingungstilger?
- Welche Auswirkungen hat eine Lagerverschiebung auf Frequenzen und Dämpfung?
- Wie hoch ist Wirkungsgrad von einem Tilger im Vergleich zu beiden Tilgern?





Vorabmessungen:

- Ambiente Messung
- Impulsanregung mittels Sandsack

Hauptuntersuchung:

- Schwingungsanregung mit beiden, nur einem oder keinem Schwingungstilger
 - Frequenz-Sweeps
 - Ausschwingverhalten nach Anregung
 - Zentrische Anregung bis zum Grenzwert
 - Exzentrische Anregung bis zum Grenzwert

Ergebnisse - Eigenfrequenzen

Frequenz	ohne Erreger	mit Erreger		
	ohne Tilger	ohne Tilger	ein Tilger	beide Tilger
1. Biegeeigenfrequenz	4,76 Hz	4,57 Hz	4,55 Hz	4,53 Hz
1. Torsionseigenfrequenz	5,23 Hz	4,64 Hz	4,62 Hz	4,59 Hz

Tragwerk ohne Aufbauten

Frequenz	ohne Erreger	mit Erreger		
	ohne Tilger	ohne Tilger	ein Tilger	beide Tilger
1. Biegeeigenfrequenz	4,83 Hz	4,59 Hz	4,55 Hz	4,55 Hz
1. Torsionseigenfrequenz	4,50 Hz	4,20 Hz	4,20 Hz	4,20 Hz

Tragwerk mit Aufbauten einseitig

Frequenz	ohne Erreger	mit Erreger		
	ohne Tilger	ohne Tilger	ein Tilger	beide Tilger
1. Biegeeigenfrequenz	4,62 Hz	4,44 Hz	4,43 Hz	4,42 Hz
1. Torsionseigenfrequenz	4,40 Hz	3,97 Hz	3,96 Hz	3,95 Hz

Tragwerk mit Aufbauten beidseitig

Ergebnisse - Durchbiegung

	Ohne Tilger	Ein Tilger	Zwei Tilger
Ohne Aufbauten	±6,40 mm	±4,15 mm	±1,90 mm
Aufbauten einseitig	±3,10 mm	±1,45 mm	±1,45 mm
Aufbauten beidseitig	±6,75 mm	±3,30 mm	±2,20 mm

Schwingungsamplituden

Ergebnisse - Dämpfung

	Ohne Tilger	Ein Tilger	Zwei Tilger
Ohne Aufbauten	0,4%	0,5%	1,1%
Aufbauten einseitig	0,4%	1,1%	1,1%
Aufbauten beidseitig	0,4%	0,8%	1,1%

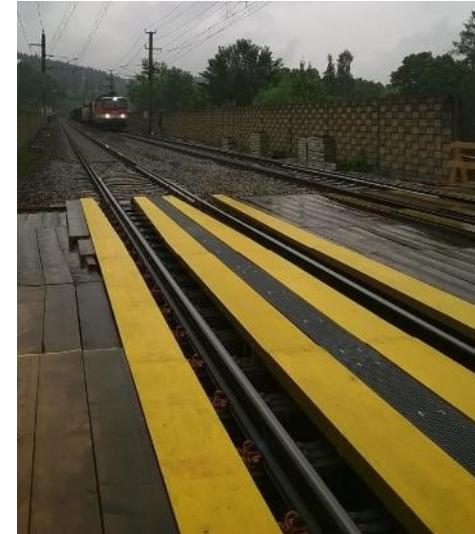
Lehrsches Dämpfungsmaß ζ

Zusammenfassung der Ergebnisse:

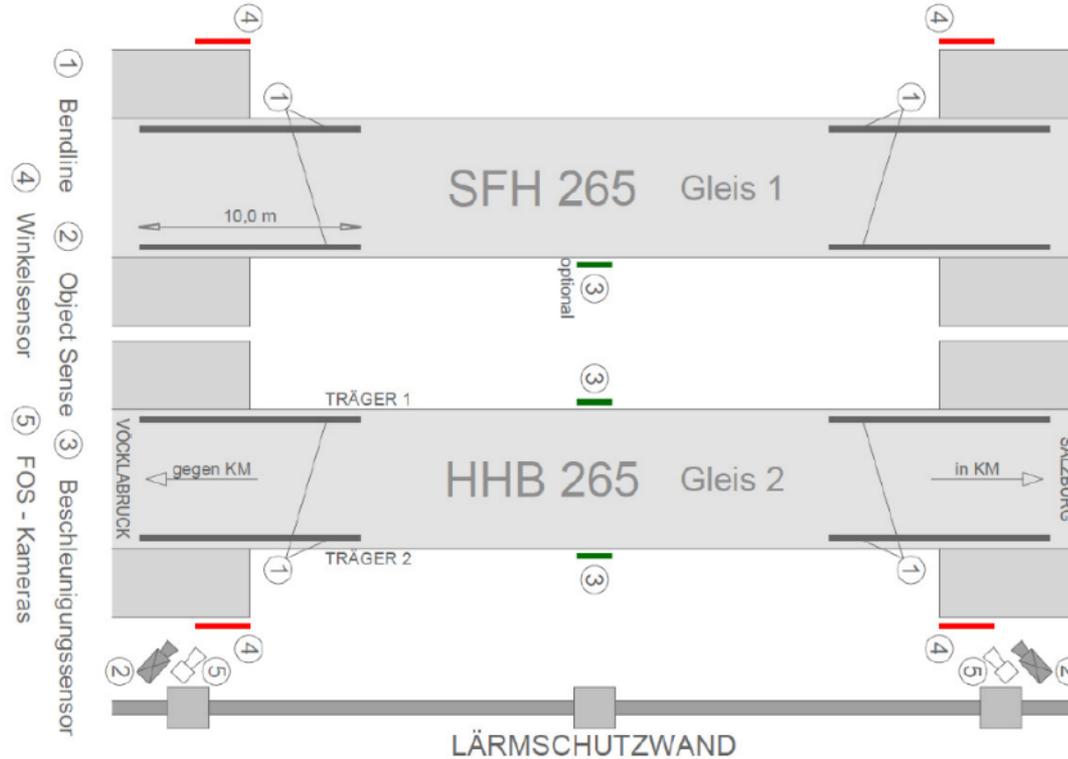
- Die tatsächlichen Eigenfrequenzen des Rohtragwerkes sind fast ident mit berechneten Eigenfrequenzen.
- Die Schwingungstilger haben bei der Abstimmungsfrequenz ihren maximalen Wirkungsgrad. Bei abweichenden Eigenfrequenz ist weiterhin die Funktion der Tilger gewährleistet, jedoch weisen diese einen geringeren Wirkungsgrad auf.
- Änderungen der Zusatzmassen bei den Tilgern in der Größenordnung von $\pm 3\%$ haben keine Auswirkungen auf die Eigenfrequenz des Tragsystems.
- Allfällige Einbauungenauigkeiten bei den Lagern (± 5 cm) haben keinen nennenswerten Auswirkungen auf die Eigenfrequenzen des Tragsystems.
- Das Tragsystem ohne Dämpfer hat eine geringere Eigendämpfung von $\zeta = 0,40\%$.
- Die Schwingungstilger erhöhen die Dämpfung auf bis zu $1,1\%$ mit zwei montierten Tilgern und die Schwingungsamplituden reduzieren sich um $2/3$.

Aufgabenstellung:

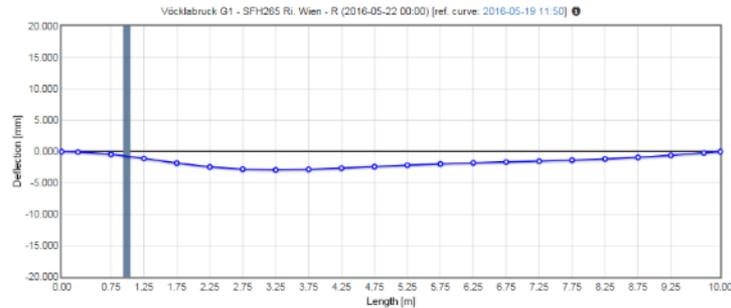
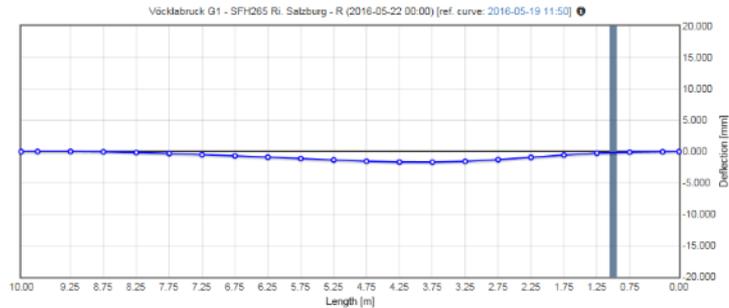
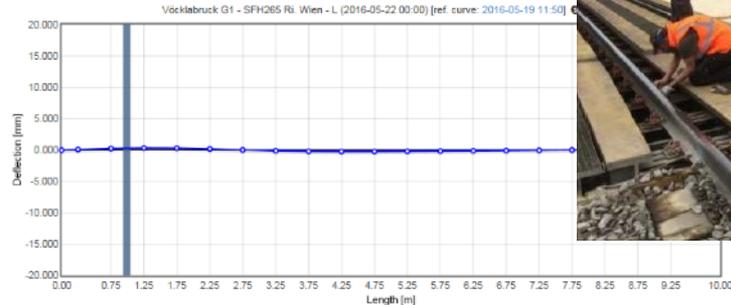
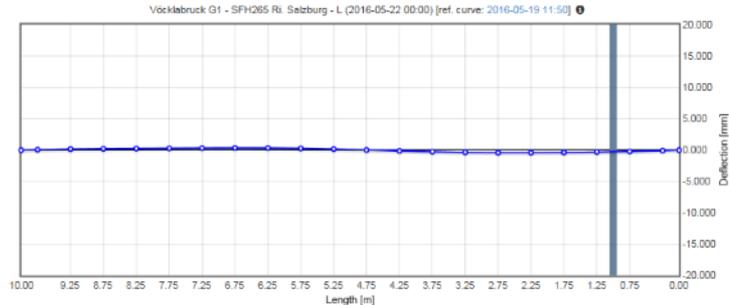
- Messung der Einsenkung der Schienen mit System Bendlines
- Messung der absoluten Lage der Betonfundamente mit System ObjectSense
- Messung der Neigungsänderung der Betonfundamente mit FOS-Neigungssensoren
- Schwingungsmessungen bei Überfahrt mit faseroptischen Beschleunigungssensoren
- Kamerabilder



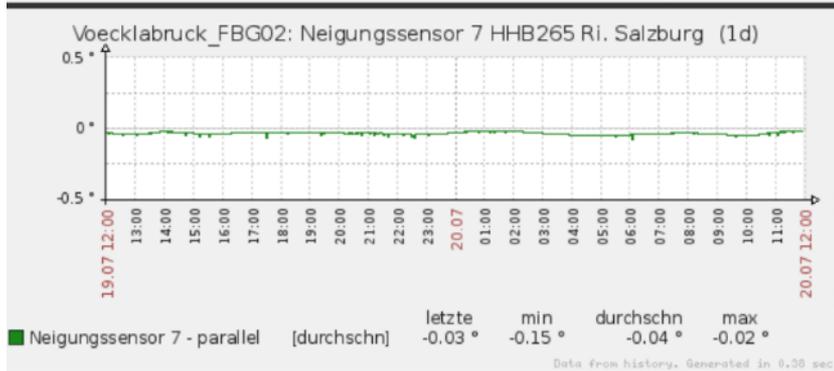
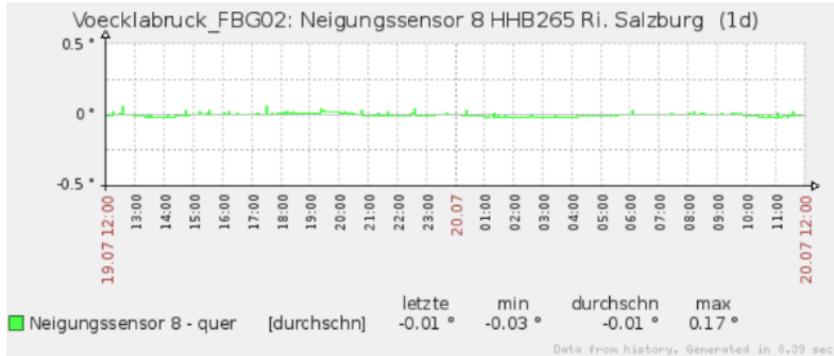
Messaufbau:



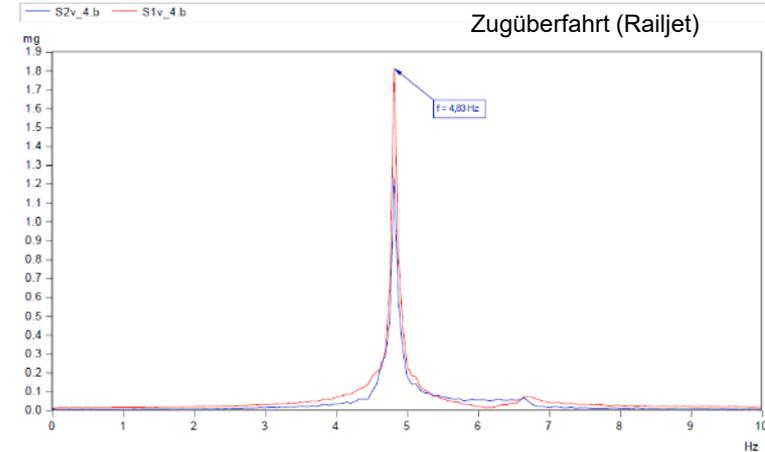
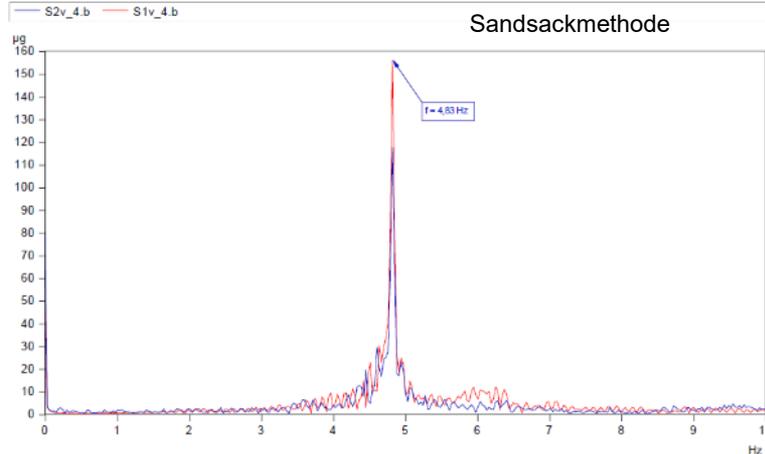
Ergebnisse – Einsenkung der Schienen



Ergebnisse – Neigungsänderung der Fundamente

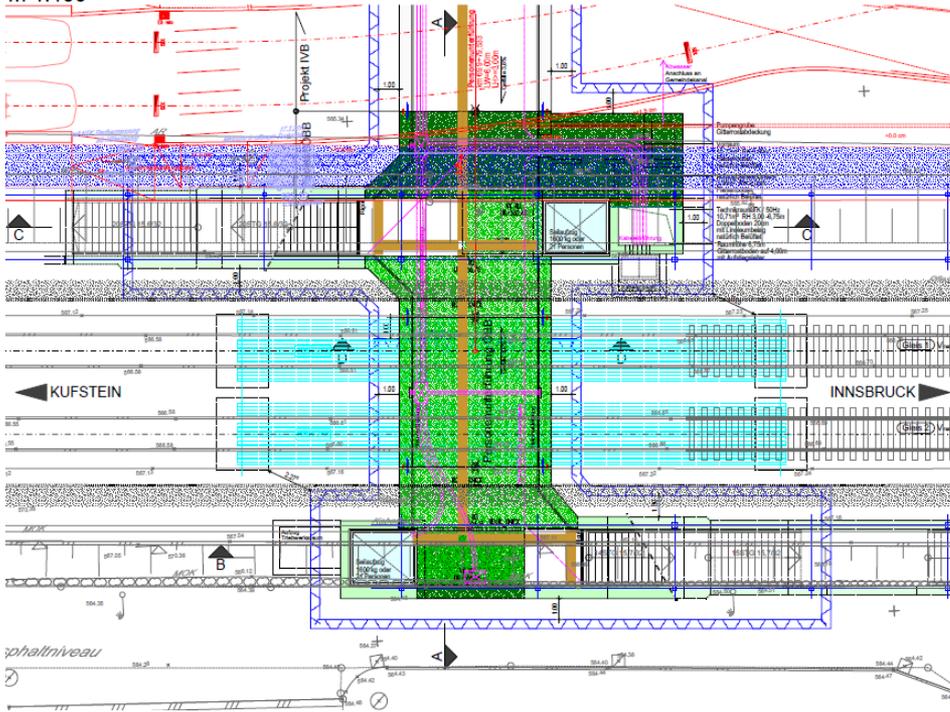


Ergebnisse – Dynamische Messungen

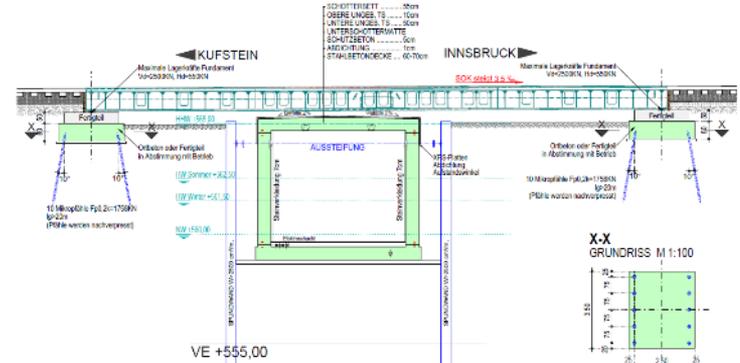


- Die 1. Biegeeigenfrequenz beträgt 4,83 Hz → höhere Eigenfrequenz als im ÖBB-Brückenwerk Wörth (4,76 Hz).
- Dämpfung von 0,6 - 0,7 % (Lehrsches Dämpfungsmaß ζ) wurde anhand von Zugüberfahrten bei 120 km/h und Impulsanregungen ermittelt. Bei Resonanz ist die im Brückenwerk ermittelte Dämpfung von 1,1 % zu erwarten.

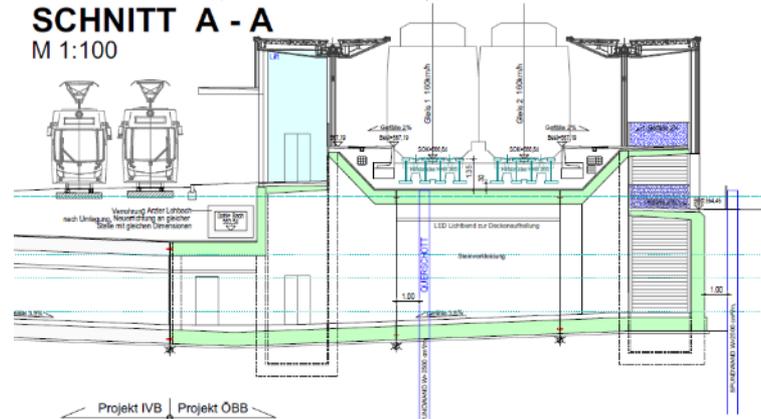
GRUNDRISS
M 1:100



SCHNITT D - D
M 1:100



SCHNITT A - A
M 1:100



- Entwurf der neuen Schwingungstilger
 - Schwingungstilger mit veränderlicher Masse
 - Mehrere Schwingungstilgertypen mit unterschiedlicher Konfiguration, welche im Bedarfsfall nebeneinander an der Brücke eingebaut werden können
- Schienenbefestigung auf Hilfsbrücken – Prüfprotokoll für Anziehdrehmomente
- Übergang Tragwerk auf Damm – Filterbetonkeil
- Vermessung / Monitoring
- Regelwerksvorgabe