

Schwingungsanregung durch Verkehr bei Hängern von Schrägseilbrücken am Beispiel der Donaubrücke Hainburg

**Masterarbeit durchgeführt am Institut für Stahlbau
Technische Universität Graz, Oktober 2014**

DI Martin Berlinger

Betreuung und Unterstützung

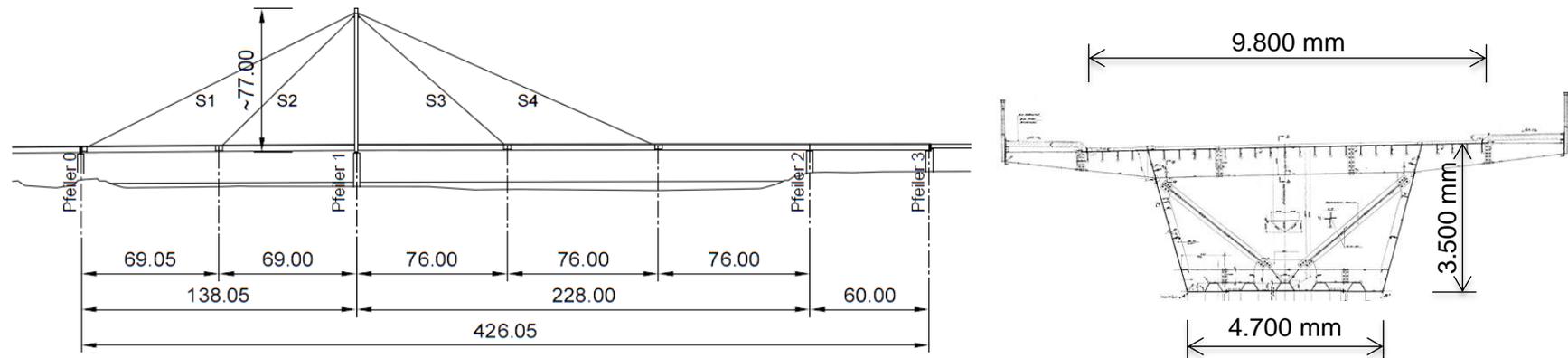
- Institut für Stahlbau, TU Graz:
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Harald Unterwiesinger
Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas Taras
- Schimetta Consult Ziviltechniker GesmbH:
Dipl.-Ing. Dr.techn. Roman Geier
- NÖ-Landesregierung, Abteilung ST5 - Brückenbau:
OBR Dipl.-Ing. Josef Klampfer
wHR Dipl.-Ing. Peter Fath
BM Dipl.-Ing. Karl Schlöglmann



Übersicht

- Allgemeine Informationen zur Donaubrücke Hainburg
- Theoretischer Hintergrund
- Modellbildung
- Messung
- Dynamische Simulationen
- Ergebnisse

Allgemeine Informationen zur Donaubrücke Hainburg



- 1972 errichtete, zweispurige Straßenbrücke (Bundesstraße)
- Asymmetrische Schrägseilbrücke in Stahlbauweise mit orthotroper Platte
- Fahrbahnquerschnitt: Geschlossener Hohlkasten mit schrägen Stegen

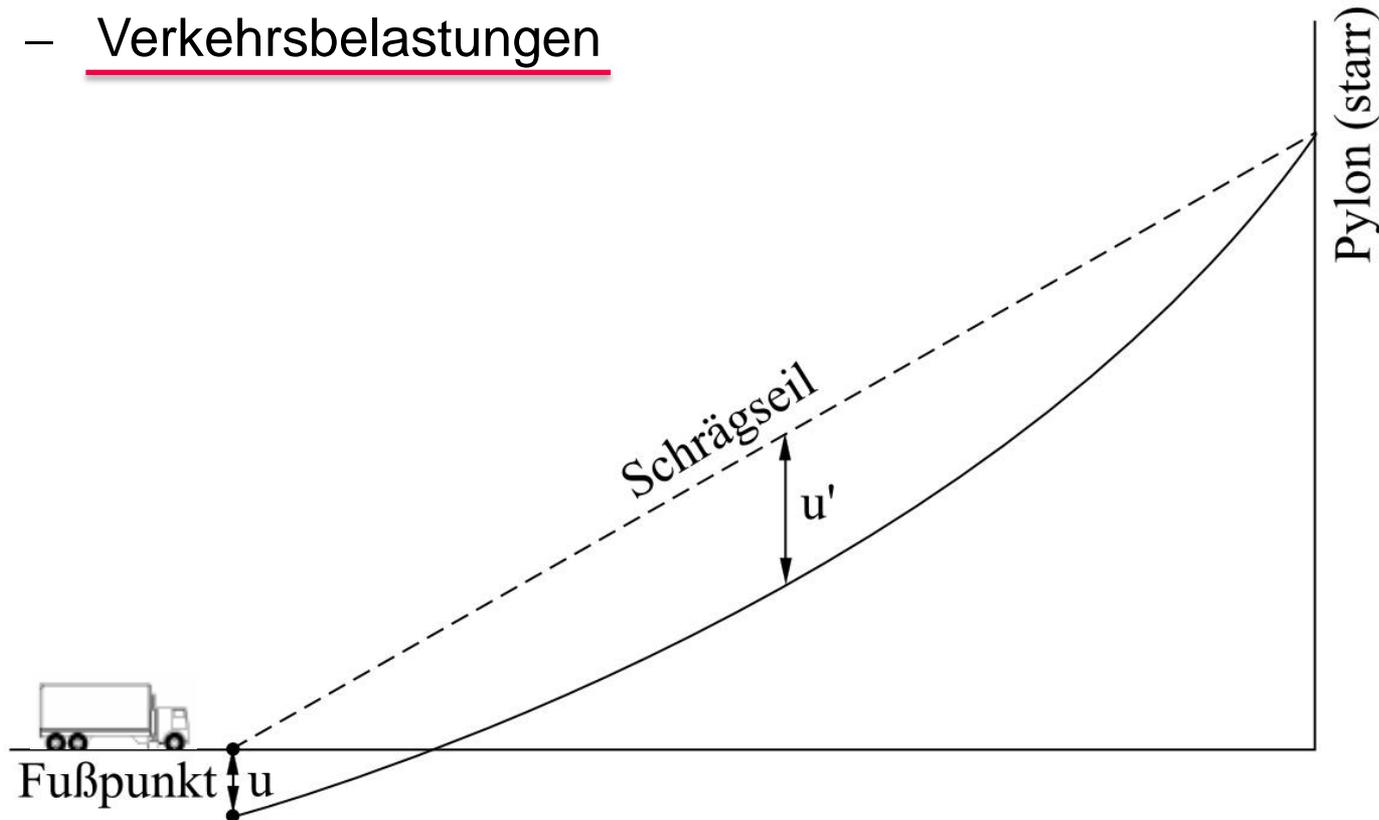
Theoretischer Hintergrund

Hinweise zur Seilbemessung nach EN 1993-1-11:
Abschätzung der Gefährdung durch Schwingungen

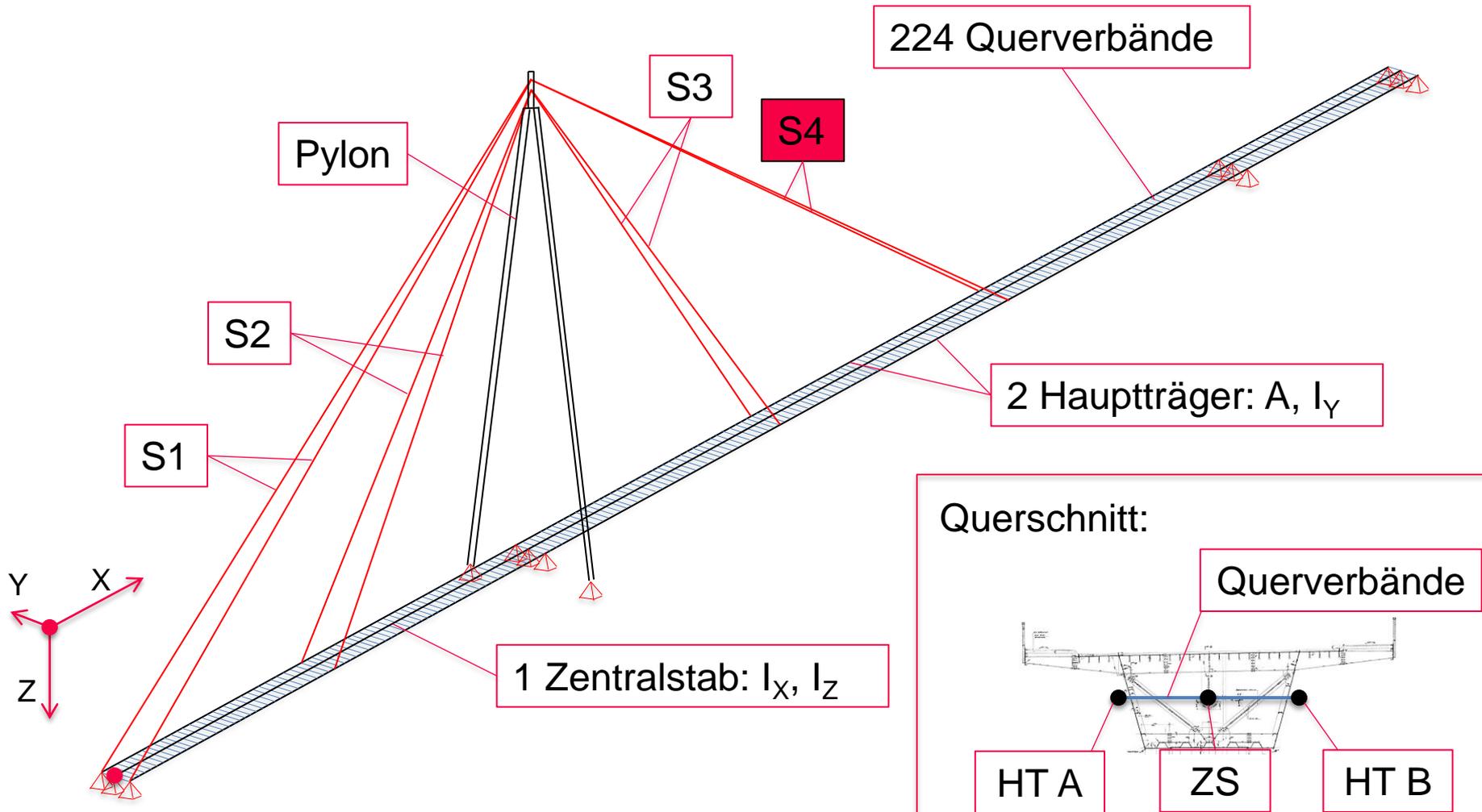
- Bei Seilspannweiten < 70 m bis 80 m keine Gefährdung
- Bei Spannweiten von > 80 m wird empfohlen Dämpfer vorzusehen
- Eine Überlappung von Eigenfrequenzen von Tragwerk und Seilen sollte vermieden werden (> 20 % Differenz)

Theoretischer Hintergrund

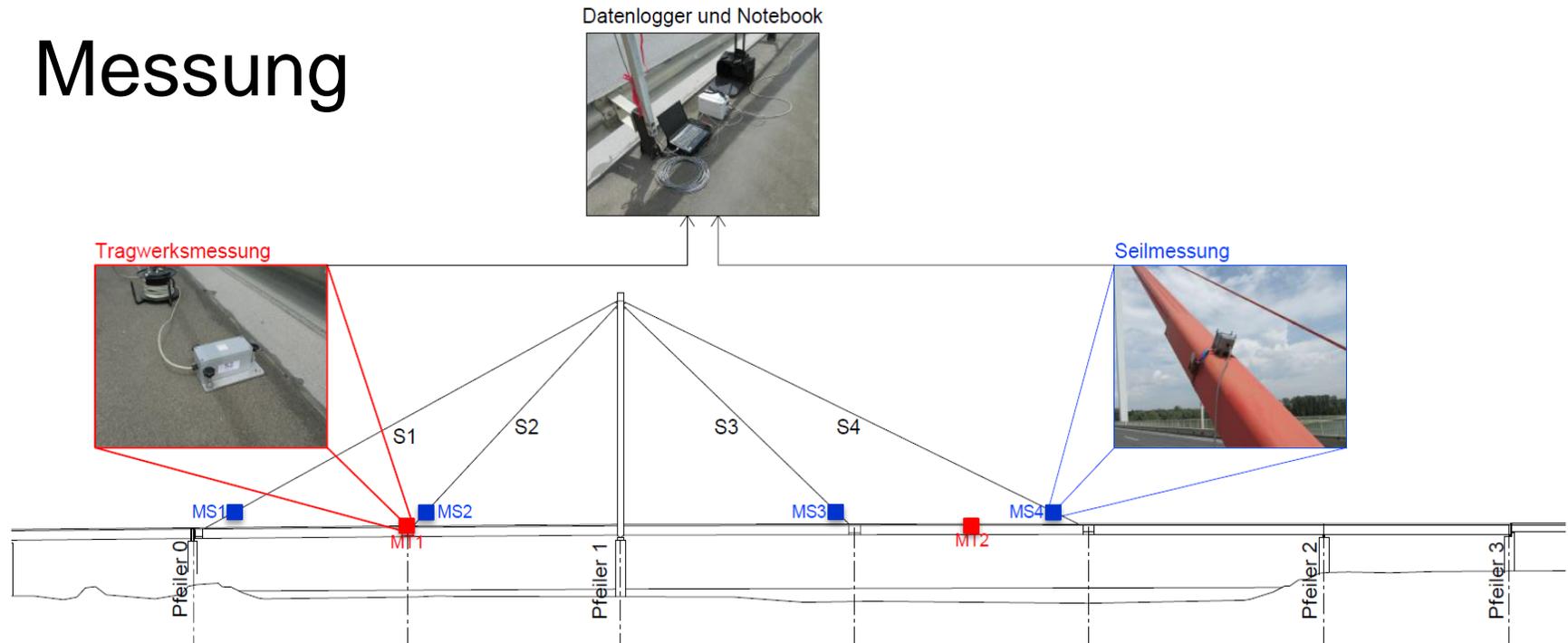
- Indirekte Anregung (Seil-Tragwerks-Interaktion)
 - Verkehrsbelastungen



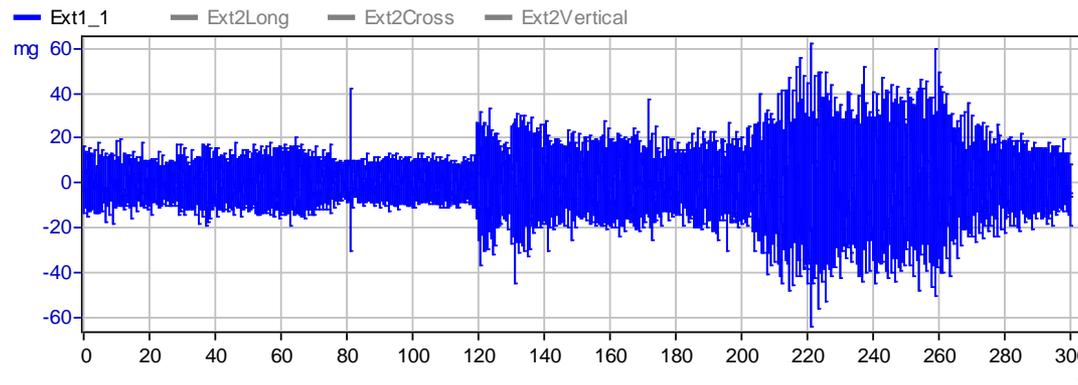
Modellbildung - Stabmodell



Messung



Messplot einer Beschleunigungsmessung:



Berechnung der Eigenfrequenzen

Kontrollrechnung der Seileigenfrequenzen mit

$$f_n = \frac{n}{2} \sqrt{\frac{S}{m \cdot L^2}}$$

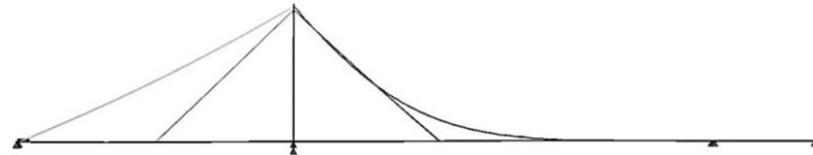
mit:

n n -te Eigenfrequenz
 S Seilkraft [N]
 m Massebelegung [kg/m]
 L Seillänge

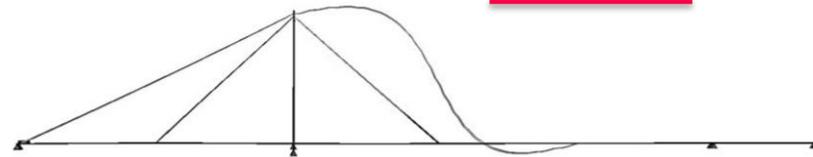
Ergebnisse aus Messung:

1. EF Seil S4: 0,61Hz

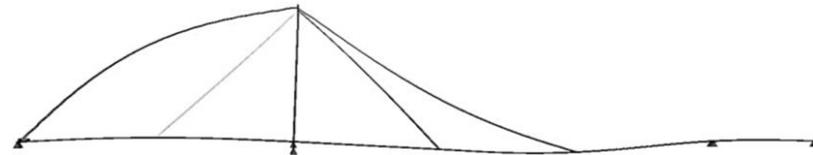
1. EF Tragwerk 0,53Hz



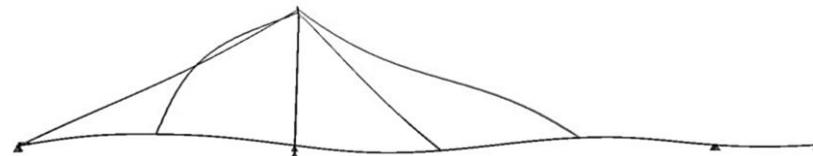
1. Eigenform Seil S4 (0,57 Hz)



2. Eigenform Seil S4 (1,10 Hz)



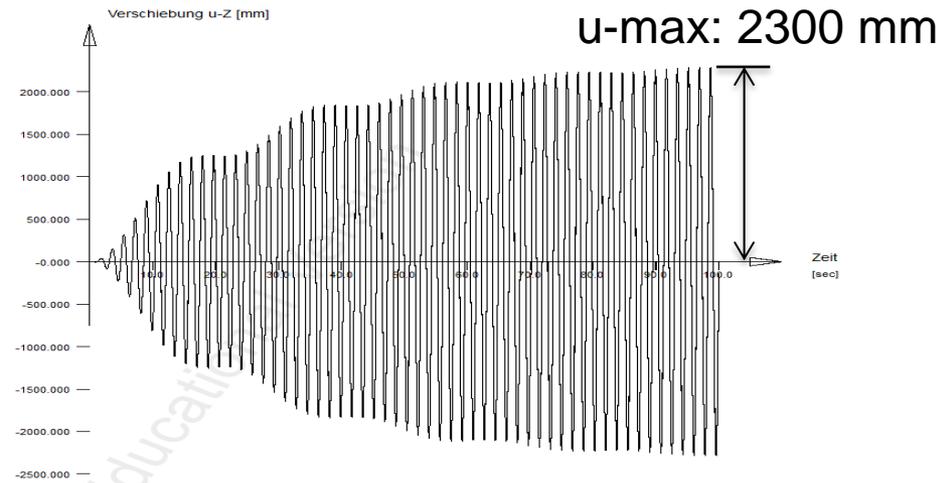
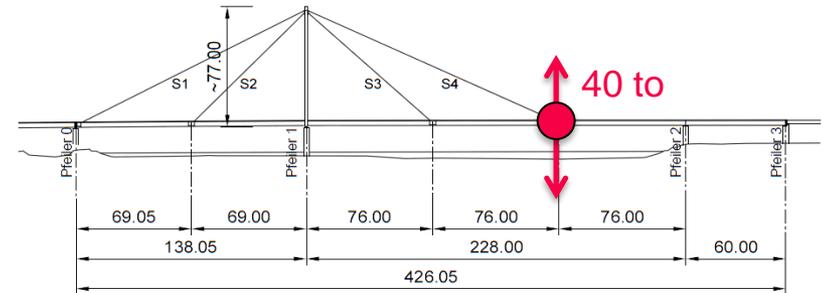
1. Eigenform Tragwerk (0,52 Hz)



2. Eigenform Tragwerk (0,98 Hz)

Dynamische Simulationen

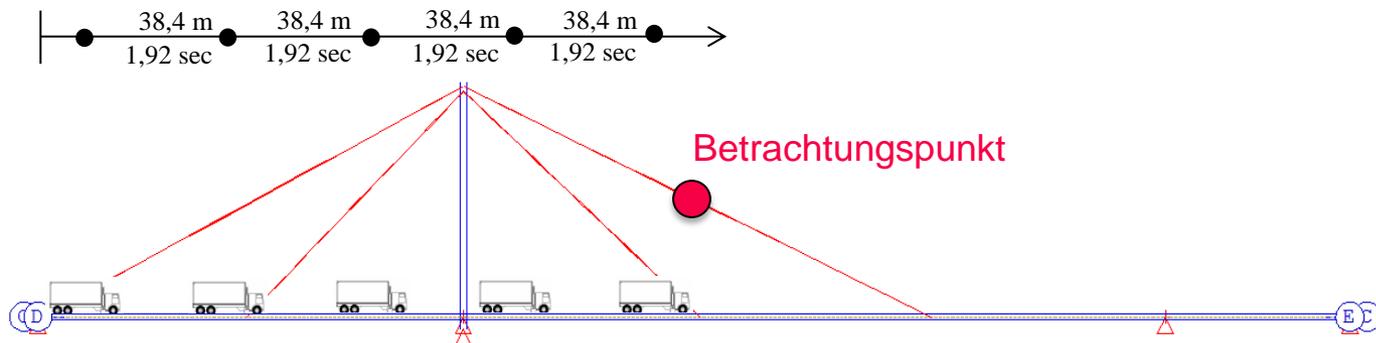
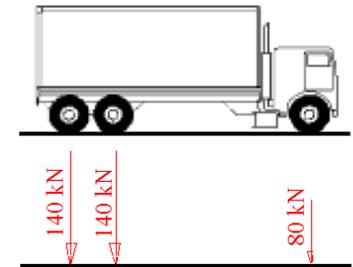
- Simulation 1: Extremfall
 - Sinusförmige Anregung mit 40 to an einem Punkt
 - Zeitliche Lastfunktion zur Anregung von Seil S4
 $1/0,57\text{Hz} = 1,75\text{ s}$
 - Ergebnis:
Seilauslenkung in Seilmitte: 2,3 m



Dynamische Simulationen

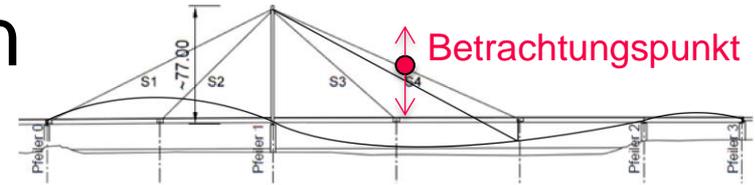
Einzelfahrzeuge und Fahrzeugkolonnen

- Simulation 2: Fahrzeugkolonne zur Anregung der Tragwerkseigenfrequenz
 - Notwendige Fahrzeugabstände:
 $1 / 0,52 \text{ Hz} = 1,92 \text{ s}$
 $v = 20 \text{ m/s} \rightarrow 1,92 \times 20 = 38,4 \text{ m}$

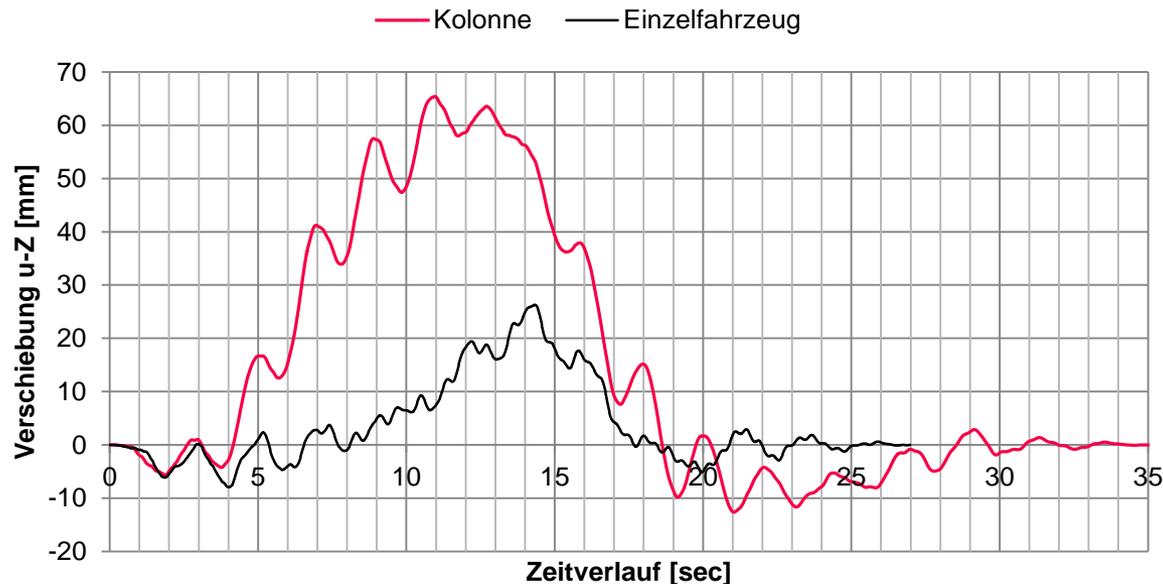


Dynamische Simulationen

Einzelfahrzeuge und Fahrzeugkolonnen

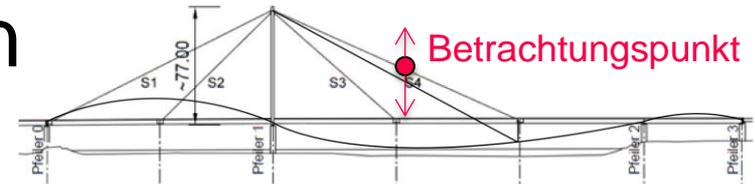


- Simulation 2: Fahrzeugkolonne zur Anregung der Tragwerkseigenfrequenz
 - Verschiebung in Seilmitte von Seil S4 infolge Kolonnenüberfahrt

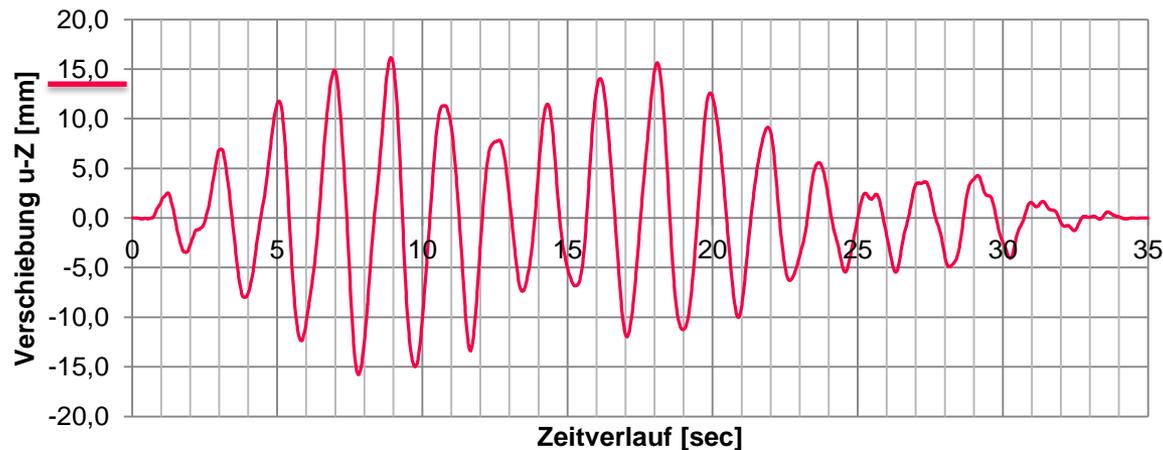


Dynamische Simulationen

Einzelfahrzeuge und Fahrzeugkolonnen



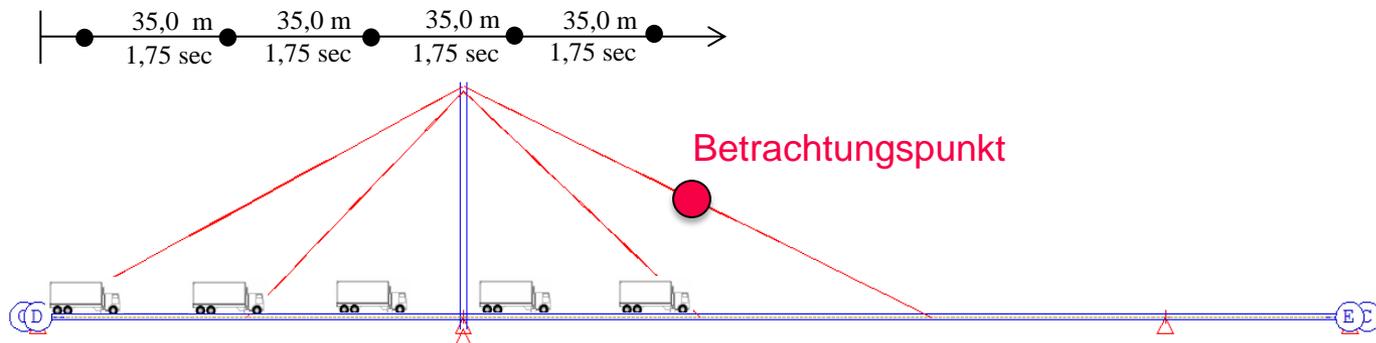
- Simulation 2: Fahrzeugkolonne zur Anregung der Tragwerkseigenfrequenz
 - Rein dynamische Verschiebung in Seilmitte: 23%



Dynamische Simulationen

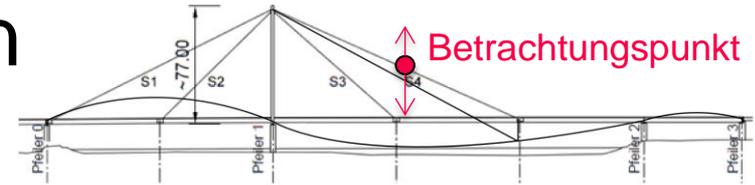
Einzelfahrzeuge und Fahrzeugkolonnen

- Simulation 3: Fahrzeugkolonne zur Anregung der Seileigenfrequenz
 - Notwendige Fahrzeugabstände:
 $1 / 0,57 \text{ Hz} = 1,75 \text{ s}$ Periodendauer
 $v = 20 \text{ m/s} \rightarrow 1,75 \times 20 = 35,0 \text{ m}$

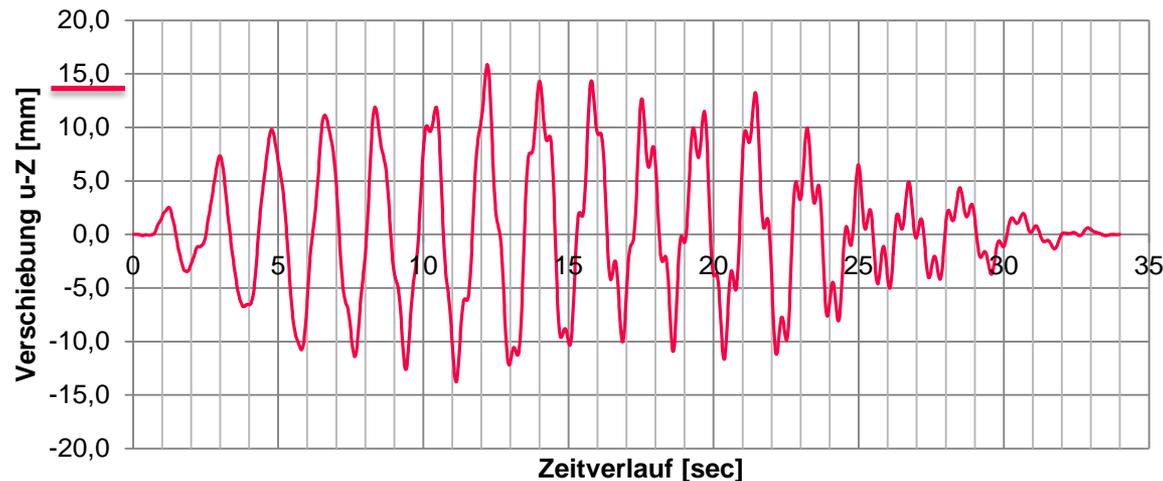


Dynamische Simulationen

Einzelfahrzeuge und Fahrzeugkolonnen



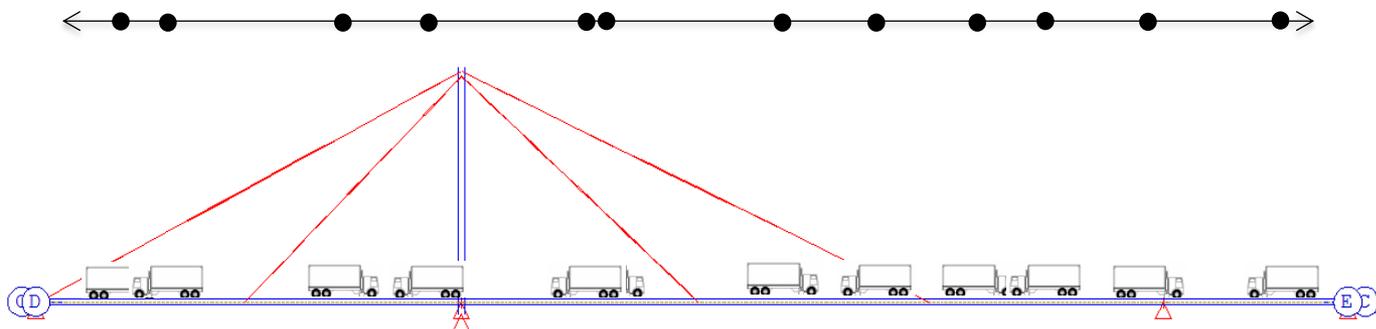
- Simulation 3: Fahrzeugkolonne zur Anregung der Seileigenfrequenz
 - Rein dynamische Verschiebung: 20%



Dynamische Simulationen

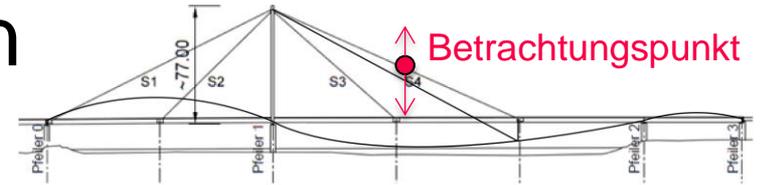
Einzelfahrzeuge und Fahrzeugkolonnen

- Simulation 4: „Volllast“ auf der Brücke
 - 9 Schwerfahrzeuge pro Fahrtrichtung auf der Brücke
 - Zufällige Fahrzeugabstände zwischen 30 m und 75 m
 - $v = 20 \text{ m/s}$

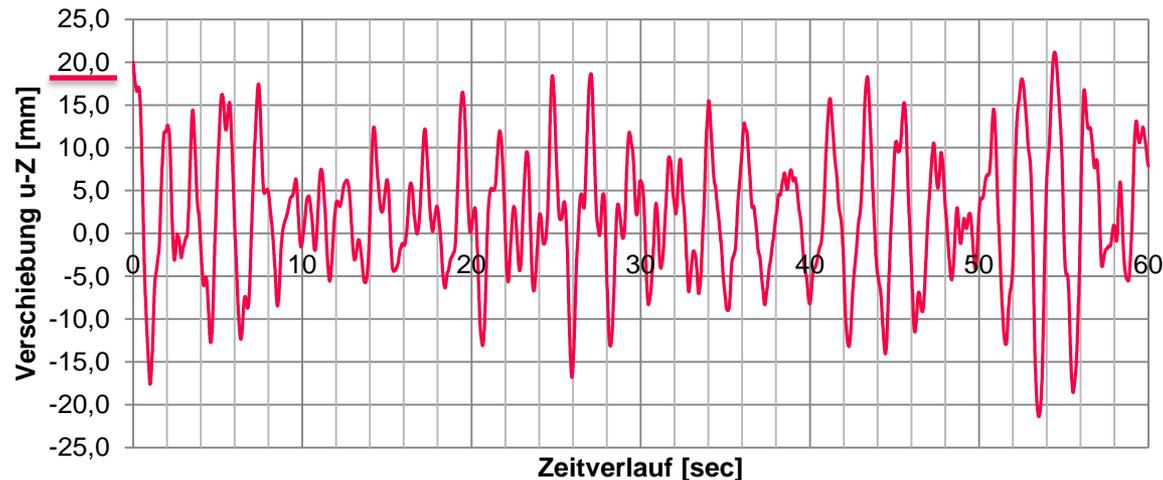


Dynamische Simulationen

Einzelfahrzeuge und Fahrzeugkolonnen



- Simulation 4: „Vollast“ auf der Brücke
 - Rein dynamische Verschiebung: 19%



Zusammenfassung der Ergebnisse

| Simulationsmodell | Rein dynamischer Anteil der vertikalen Verschiebung in Seilmitte von Seil S4 | |
|---|--|-----|
| Einzelfahrzeug Richtung Hainburg | 5,3 mm | 23% |
| Einzelfahrzeug Richtung Marchegg | 4,3 mm | 18% |
| Kolonne Richtung Hainburg (Streckträger-EF) | 14,4 mm | 23% |
| Kolonne Richtung Hainburg (Seil-EF) | 14,8 mm | 20% |
| Kolonne Richtung Marchegg (Streckträger-EF) | 11,0 mm | 17% |
| Kolonne Richtung Marchegg (Seil-EF) | 11,1 mm | 17% |
| „Verkehrsvolllast“ | 19,5 mm | 19% |
| Einzelfahrzeug Richtung Hainburg (Resonanzfall zwischen Seil S4 und Gesamttragwerk) | 5,8 mm | 22% |

Zusammenfassung der Ergebnisse

- Sehr gute Abbildung der Brücke durch Stabmodell
 - Gute Treffsicherheit der Eigenfrequenzen
 - Auftretende Beschleunigungen infolge Fahrzeugüberfahrten sehr realitätsnah

- Gefahr der Schwingungsanregung infolge Schwerverkehrsüberfahrten sehr gering
 - Gesamtmasse des Tragwerkes (ca 3.900 to) zu hoch für Resonanzerscheinungen

 - Auch bei „Volllast“ auf der Brücke oder 100% Überlappung der Eigenfrequenzen keine Gefährdung



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

DI Martin Berlinger

Schwingungsanregung durch Verkehr an Hängern von
Schrägseilbrücken – am Beispiel der Donaubrücke Hainburg