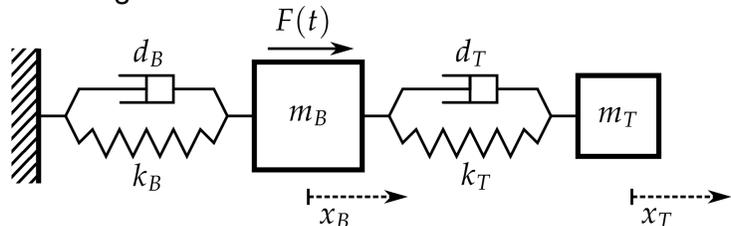


Fußgängerbrücke mit Schwingungstilger - Dynamische Modellbildung und optimale Tilgerauslegung

Jonas Jundt | Bachelorarbeit (2022)

Brücke als 2 FHG System

Brücke B und Tilger T :



■ Lösung der Bewegungsgleichungen für FHG x_B

$$\frac{x_B}{F_0} = \sqrt{\frac{Q_T^2 + \omega^2 d_T^2}{[Q_B Q_T - \omega^2 (m_T k_T)]^2 + \omega^2 [d_T (Q_B - m_T \omega^2)]^2}}$$

mit

$$Q_B = (k_B - m_B \omega^2), \quad Q_T = (k_T - m_T \omega^2).$$

■ Einführung dimensionsloser Verhältnisse

■ Massenverhältnis $\mu = \frac{m_T}{m_B}$

■ Verhältnis f der Eigenfrequenzen $\frac{\Omega_T}{\Omega_B}$

$$\text{mit } \Omega_B = \sqrt{\frac{k_B}{m_B}} \text{ und } \Omega_T = \sqrt{\frac{k_T}{m_T}}$$

■ Verhältnis g von Erreger- zu Eigenfrequenz

■ Dämpfungsgrad D_T des Tilgers

führen auf eine Funktion für das Amplitudenverhältnis

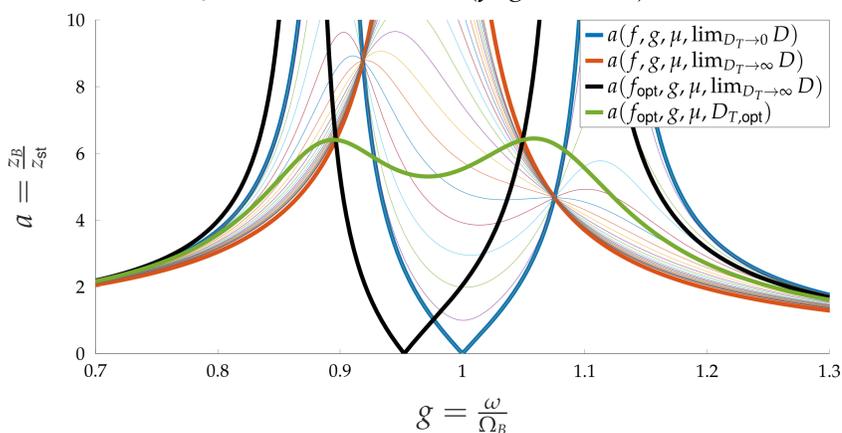
$$\frac{x_B}{x_{st}} = a(f, g, \mu, D_T)$$

mit der statischen Auslenkung x_{st} .

Optimale Auslegung

Da sich die reale Belastung meist aus verschiedenen Frequenzen zusammensetzt und diese insbesondere bei Fußgängerbrücken variieren können [2], soll die Amplitude über ein möglichst breites Spektrum möglichst klein sein. Dazu können die Größen f und D_T optimiert werden.

Amplitudenverhältnis $a(f, g, \mu, D_T)$



■ **Schritt 1:** Anpassung der Funktion a für f , sodass die Schnittpunkte $g_1(f)$ und $g_2(f)$ der Dämpfungs-Grenzfälle die gleiche Amplitude aufweisen.

$$a(0, g_1(f), \mu, \lim_{D \rightarrow \infty} D) = a(0, g_2(f), \mu, \lim_{D \rightarrow \infty} D)$$

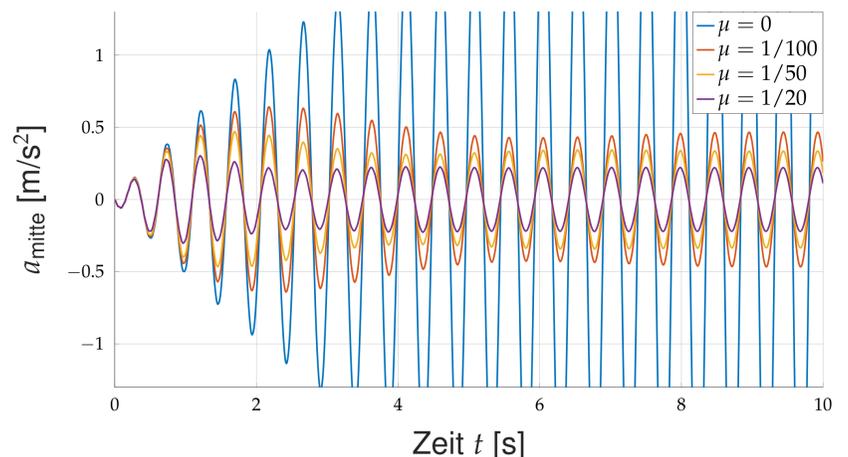
$$\Rightarrow f_{opt} = \frac{1}{1 + \mu}$$

■ **Schritt 2:** Anpassung des Dämpfungsgrades D_T , sodass a möglichst flach durch die Schnittpunkte der Dämpfungs-Grenzfälle verläuft. Vorgehen analog zu [1].

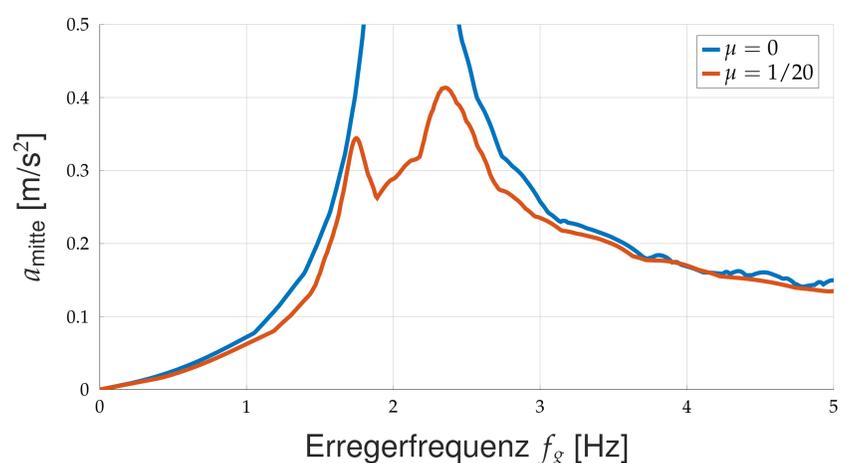
$$D_{T,opt} = \sqrt{\frac{3\mu}{8(1+\mu)^3}}$$

Numerische Modellierung

Mit Hilfe der finiten Differenzen Methode wurde der Balken mit zusätzlicher Tilgermasse räumlich und zeitlich diskretisiert. Für verschiedene Massenverhältnisse μ ergeben sich die folgenden zeitlichen Verläufe der Beschleunigung in Brückenmitte a_{mitte} . Ein Plot der für Fußgänger maßgebenden Beschleunigung über die Zeit bei Anregung in Eigenfrequenz zeigt, dass bereits ein Tilger mit 1% der Brückenmasse ausreicht um den Nachweis von $a_{mitte} < 0.7 \frac{m}{s^2}$ einzuhalten.



Ein Plot der Beschleunigung zeigt, dass dieser Nachweis für ein Massenverhältnis von $\mu = 1/20$ auch über das gesamte Spektrum möglicher Erregerfrequenzen eingehalten wird, im Unterschied zum System ohne Tilger mit $\mu = 0$.



Literatur

- [1] HARTOG, J. P. D. *Mechanical Vibrations*. Mineola: Dover Publications, 1985.
- [2] SÉTRA, Hrsg. *Footbridges - Assessment of vibrational behaviour of footbridges under pedestrian loading*. Technical guide. Paris: Association Française de Génie Civil, 2006.