

Praktikum 3: Analyse einer Brücke mit Resonanzverhalten

In diesem Praktikum soll eine an zwei Punkten gelagerte Brücke untersucht werden, siehe Abbildung 1. Später (in Aufgabe 4) soll ein Schwingungstilger zur Unterdrückung von Resonanzproblemen hinzugefügt werden.

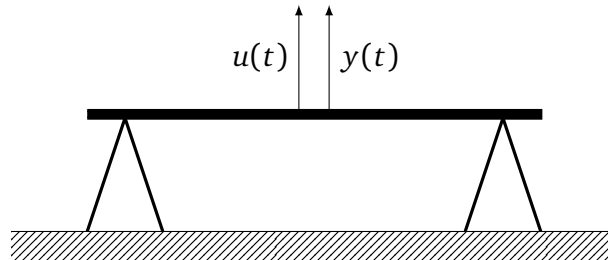


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Brücke: Auf eine äußere Kraft $u(t)$ (z.B. durch einen Fußgänger hervorgerufen) reagiert die Brücke mit der Auslenkung $y(t)$.

Aufgabe 1 (System-Identifikation):

In der Datei `bruecke_sprung.mat` ist die Auslenkung $y(t)$ gemessen in Metern auf die Eingangskraft

$$u(t) = u_0 \cdot \sigma(t) \quad \text{mit } u_0 = -750 \text{ N} \quad (1)$$

gespeichert (u_0 ist negativ, da die Kraft nach unten zeigt). Der ebenfalls gespeicherte t -Vektor gibt die Zeitpunkte der Messung in Sekunden an. Bei der Brücke handelt es sich um ein schwingfähiges System, das als PT2-System modelliert werden soll.

- (a) Identifizieren Sie anhand der gemessenen Sprungantwort die Parameter dieses Systems, d.h. bestimmen Sie die Parameter m_B , r_B und k_B in der Gleichung

$$m_B \ddot{y}(t) + r_B \dot{y}(t) + k_B y(t) = u(t). \quad (2)$$

- (b) Wie groß ist die ungedämpfte Eigenfrequenz der Brücke f_0 ?

Hinweis: Bestimmen Sie die Sprungantwort $g(t)$ und identifizieren Sie zunächst die Parameter K_p , d , und ω_0 des PT2-Glieds. Ermitteln Sie dafür die charakteristischen Werte der Sprungantwort K_p , $\Delta_{1,2}$, und $t_{1,2}$, indem Sie im Matlab-Plotfenster die *Zoom*- und *Data-Cursor*-Funktionalität benutzen. Danach können Sie die beiden Zeitkonstanten T_1 und T_2 der DGL aus dem Skript bestimmen. Schließlich können mittels Koeffizientenvergleich mit (2) die Größen m_B , r_B und k_B bestimmt werden.

Aufgabe 2 (Analyse des Schwingungsverhaltens der Brücke):

- (a) Bestimmen Sie für das in (2) ermittelte System die Antwort auf das Eingangssignal (1) und stellen Sie diese zusammen mit der gemessenen Sprungantwort in einem Diagramm graphisch dar. Überprüfen Sie damit, dass Sie die Parameter des Systems richtig identifiziert haben.
- (b) Die Kraft, die ein Fußgänger auf die Brücke ausübt, kann in etwa durch

$$u(t) = u_0 + \hat{u} \cdot \sin(2\pi f t) \quad \text{mit } u_0 = -750 \text{ N}, \hat{u} = 250 \text{ N}, f = 1,75 \text{ Hz} \quad (3)$$

simuliert werden. Stellen Sie die Auslenkung der Brücke als Antwort auf diese äußere Kraft graphisch dar. Wie groß ist die Amplitude der Schwingung, wie groß ist die Einschwingzeit?

- (c) Stellen Sie den Amplitudengang der Brücke graphisch dar. Bestimmen Sie die Resonanzüberhöhung, definiert als

$$\frac{\text{Maximum des Amplitudengangs}}{\text{Statische Auslenkung}},$$

wobei die statische Auslenkung der Wert des Amplitudengangs bei der Frequenz $\omega = 0$ ist.

Hinweise:

- Benutzen Sie für die Teile (a) und (b) die Funktionen aus der Control System Toolbox: `tf`, `impulse`, `step`, `lsim`, etc.
- Für Teil (c) können Sie eine mit `tf` definierte Übertragungsfunktion mit der Funktion `freqresp` auf einem Frequenzvektor auswerten.
- Die Funktion `freqresp` gibt typischerweise ein dreidimensionales Array zurück, bei dem zwei Dimensionen die Länge 1 haben. Mit der Funktion `squeeze` können Sie dieses Array in einen Vektor, der sich graphisch darstellen lässt, umwandeln.