

## ÜBUNG 5 (Abgabe: 10.12.2009)

### 1 Doppelstöckige Turnhalle

Beurteilen Sie das Schwingungsverhalten einer projektierten doppelstöckigen Turnhalle.

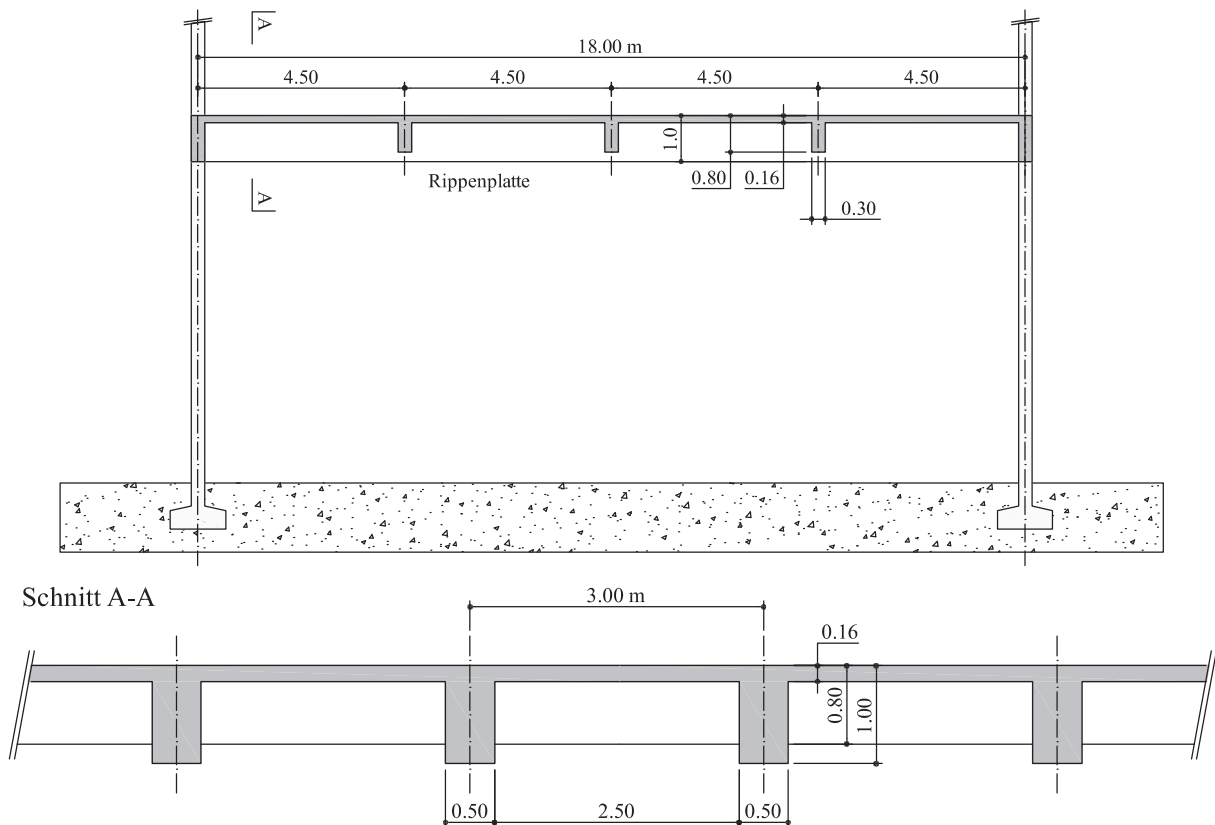


Bild 1: Ansicht einer doppelstöckigen Turnhalle (oben) und Schnitt durch den Hauptträger (unten).

Die Decke hat eine Spannweite von 18 m und trägt als einfacher Balken ohne Einspannung. Sie ist voll vorgespannt und hat einen dynamischen E-Modul von  $4 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$  ( $1.1 \cdot E_{\text{statisch}}$ ). Es soll ein Bodenbelag mit  $100 \text{ kg/m}^2$  berücksichtigt werden.

Berechnen Sie die Grundfrequenz der Decke und beurteilen Sie das Schwingungsverhalten. Wie könnte man die Eigenfrequenz auf den erforderlichen Wert hinauf bringen? Zählen Sie qualitativ verschiedene Möglichkeiten auf.

Eine effiziente Massnahme ist die Vergrösserung der Trägerhöhe. Wie hoch müsste der Träger sein, damit die Eigenfrequenz eingehalten wird? Um möglichst wenige Varianten berechnen zu müssen, überlegen Sie, wie die Eigenfrequenz mit der Trägerhöhe ansteigt. Bei einem Rechteckquerschnitt ist

$$f \sim \sqrt{\frac{EI}{\mu}} \sim \sqrt{\frac{bh^3}{12bh}} \sim h \quad (1)$$

Andererseits ist bei unveränderlicher Masse die Steifigkeit proportional zu  $h^3$ . Das heisst die Frequenz wird proportional zu

$$f \sim \sqrt{EI} \sim \sqrt{h^3} \quad (2)$$

Damit können Sie abschätzen, wie stark Sie die Trägerhöhe vergrössern müssen. Überprüfen Sie die Eigenfrequenz mit der neuen Trägerhöhe.

## 2 Fussgängersteg

Beurteilen Sie das Schwingungsverhalten einer projizierten Fussgängerbrücke.

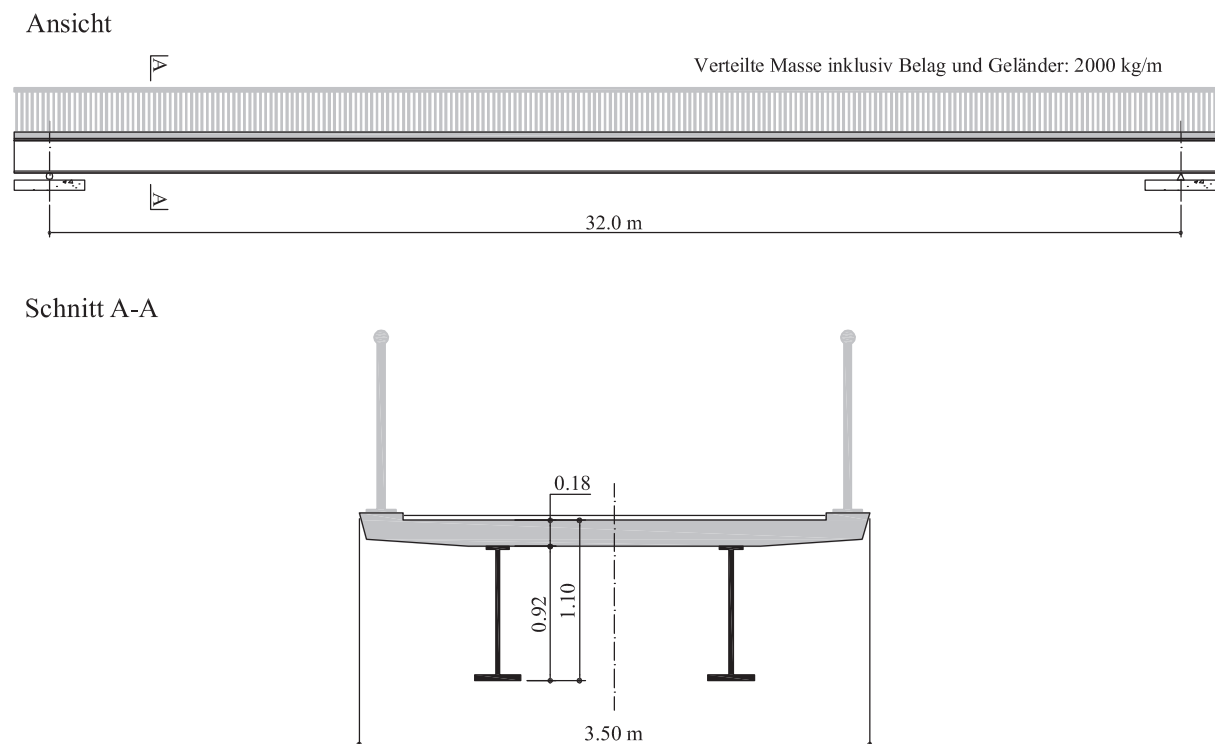


Bild 2: Ansicht (oben) und Querschnitt (unten) einer Fussgängerbrücke.

Die Biegesteifigkeit des Verbundquerschnittes ist  $EI = 3.9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2$  und die Masse inklusive Belag ist  $\mu = 2000 \text{ kg/m}$ . Die Spannweite ist  $L = 32 \text{ m}$ . Für die Dämpfung können Sie  $\zeta = 0.5 \%$  annehmen.

Untersuchen Sie zuerst das Kriterium der Eigenfrequenz.

Falls die Eigenfrequenz im kritischen Bereich liegt, berechnen Sie die Beschleunigungsamplitude für einen Verkehr von 60 Personen pro Minute. Der Beitrag einer einzelnen Person ergibt sich aus der dynamischen Kraft aus Gehen gemäss Gleichung 20 aus der Vorlesungsunterlagen. Dieser berücksichtigt sowohl die begrenzte Anregungszeit, wie auch den Einfluss der wandernden Kraft. Für mehrere Personen, die sich auf der Brücke befinden, aber nicht im Gleichschritt gehen, kann der Einfluss einer Person mit der Quadratwurzel der Anzahl Personen multipliziert werden. Wird der Anhaltswert von  $0.5 \text{ m/s}^2$  eingehalten?

Falls der Anhaltswert nicht eingehalten werden kann, geben Sie grundsätzliche Möglichkeiten zur Reduktion der Schwingung an.