

Aufgaben 11 **Resonanz** **Erzwungene Schwingung, Resonanz, Selbstgesteuerte Schwingungen**

Lernziele

- sich aus dem Studium eines schriftlichen Dokumentes neue Kenntnisse erarbeiten können.
- verstehen, was eine erzwungene Schwingung ist.
- wissen und verstehen, was die Eigenfrequenz eines Schwingers, ein Erreger, die Erregerfrequenz ist.
- wissen und verstehen, dass bei einer erzwungenen Schwingung die im zeitlichen Mittel vom Erreger zum Schwinger fließende Energie im Dämpfer dissipiert wird.
- wissen, von welchen Größen die Energie abhängt, die bei einer erzwungenen Schwingung im Dämpfer im zeitlichen Mittel dissipiert wird.
- wissen, dass eine erzwungene Schwingung einen Einschwingvorgang durchläuft.
- aus einem grafisch dargestellten zeitlichen Verlauf einer Schwingungsgröße den Einschwingvorgang und die stationäre Phase einer erzwungenen Schwingung erkennen können.
- wissen, dass bei einer sinusförmig angeregten erzwungenen Schwingung die Frequenz in der stationären Phase gleich gross ist wie die Erregerfrequenz.
- das mathematische Modell zur Beschreibung einer erzwungenen mechanischen Schwingung kennen und verstehen.
- das Phänomen Resonanz kennen und verstehen.
- wissen und verstehen, was eine Resonanzkurve ist.
- den qualitativen Verlauf einer Resonanzkurve kennen und verstehen.
- wissen und verstehen, dass bei Resonanz der zeitlich gemittelte Energiestrom vom Erreger zum Schwinger maximal ist.
- wissen und verstehen, von welchen Größen die Resonanzfrequenz abhängt.
- wissen und verstehen, was es braucht, damit eine Schwingung aufrecht erhalten werden kann.
- aus einem Experiment neue Erkenntnisse gewinnen können.

Aufgaben

11.1 Studieren Sie im Buch KPK 3 die folgenden Abschnitte:

- 2.1 Was ist Resonanz? (Seite 21)
- 2.2 Resonanz eines mechanischen Schwingers (Seiten 21 bis 23)
- 2.3 Wie man eine Resonanzkurve aufnimmt (Seite 23)
- 2.5 Selbstgesteuerte Schwingungen (Seiten 24 und 25)

11.2 **Experiment Posten 1: Fadenpendel, Federpendel**

- a) Führen Sie das im Buch KPK 3 im Abschnitt 2.1 auf der Seite 21 beschriebene Experiment mit dem vorliegenden **Fadenpendel** (Holzklotz an einer Schnur) durch.
- b) Führen Sie das zu a) analoge Experiment mit dem **Federpendel** durch.

Beobachten und beschreiben Sie jeweils, ...

- i) ... wie sich die erzwungene Schwingung des Pendelkörpers aufbaut.
- ii) ... mit welcher Frequenz das Pendel schlussendlich schwingt.
- iii) ... bei welcher Frequenz die erzwungene Schwingung besonders heftig ist.

11.3 Experiment Posten 2: Drehpendel

Mit Hilfe eines Motors kann das äussere Ende der Spiralfeder in eine Hin- und Her-Bewegung versetzt werden. Das Drehpendel führt dann eine erzwungene Drehschwingung aus.

Regen Sie das Drehpendel zu erzwungenen Drehschwingungen an.

- a) Beobachten und beschreiben Sie, ...
 - i) ... wie sich die erzwungene Drehschwingung aufbaut.
 - ii) ... mit welcher Frequenz das Drehpendel schlussendlich schwingt.
- b) Versuchen Sie für eine nicht allzu starke Dämpfung, das Drehpendel in Resonanz zu bringen.

11.4 Die erzwungene Schwingung eines Federschwingers kann mit dem folgenden mathematischen Modell beschrieben werden (siehe Unterricht):

$$m \cdot \ddot{x} + k \cdot \dot{x} + D \cdot x = \hat{x}_E \sin(\omega_E t) \quad (1)$$

Die allgemeine Lösung der Differentialgleichung lautet:

$$x(t) = C_1 e^{-\gamma t} \sin(\omega_d t + C_2) + \hat{x} \sin(\omega_E t + \varphi) \quad (2)$$

Im eingeschwungenen bzw. stationären Zustand gilt:

$$x(t) = \hat{x} \sin(\omega_E t + \varphi)$$

Dabei gilt für die Amplitude \hat{x} :

$$\hat{x} = \hat{x}(\omega_E) = \frac{\omega_0^2}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega_E^2)^2 + 4 \gamma^2 \omega_E^2}} \hat{x}_E$$

wobei: $\gamma := \frac{k}{2m}$

$$\omega_0 := \sqrt{\frac{D}{m}}$$

Überprüfen Sie, dass im eingeschwungenen Zustand ...

- i) ... die Ortsamplitude \hat{x} maximal ist für $\omega_E = \sqrt{\omega_0^2 - 2 \gamma^2}$
- ii) ... die Geschwindigkeitsamplitude \hat{v} (und damit der zeitliche Mittelwert der Dissipationsrate P_{diss} im Dämpfer) maximal ist für $\omega_E = \omega_0$

Lösungen

11.1 ...
Lösungen zu den Aufgaben siehe kopierte Blätter

11.2 ...

11.3 ...

11.4 i) ...
ii) ...