

## Aufgaben 3      Schwingungen Gedämpfte Schwingung

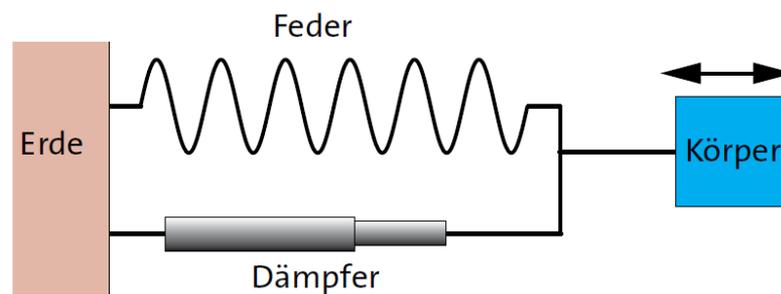
### Lernziele

- die Analogie zwischen einer Drehschwingung und einer linearen Schwingung kennen und verstehen.
- verstehen, wie eine Schwingung gedämpft werden kann.
- verstehen, wie ein mechanischer Dämpfer funktioniert.
- verstehen, dass alle natürlich ablaufenden Schwingungen gedämpft sind.
- wissen, wie die Stärke der Dämpfung die Bewegung eines Schwingers beeinflusst.
- die bei einer mechanischen, gedämpften Schwingung auftretenden Impuls- und Energieflüsse verstehen.
- wissen und verstehen, was bei einem gedämpften Schwinger der aperiodische Grenzfall ist.
- Aussagen und Beziehungen zwischen Grössen mit Hilfe physikalischer Grundgesetze als Gleichungen formulieren können.
- einen neuen Sachverhalt analysieren und beurteilen können.

### Aufgaben

3.1 In dieser Aufgabe sollen Sie die Dynamik des gedämpften Federschwingers untersuchen.

Betrachten Sie also den folgenden gedämpften Federschwinger (Lehrbuch KPK 3, Abb. 1.29, Seite 18):



Das Koordinatensystem soll wie folgt festgelegt werden:

- Die Schwingung soll in x-Richtung erfolgen.
- Die positive x-Richtung soll nach rechts zeigen.
- Die Ruhelage soll bei  $x = 0$  liegen.

Am Schwingkörper greifen zwei Kräfte an, die Federkraft  $\vec{F}_F$  (Kraft, die die Feder ausübt) und die Dämpfungskraft  $\vec{F}_D$  (Kraft, die der Dämpfer ausübt).

- Skizzieren Sie den Federschwinger, und zeichnen Sie die beiden Kräfte  $\vec{F}_F$  und  $\vec{F}_D$  ein. Berücksichtigen Sie dabei alle möglichen Fälle für die Richtungen der beiden Kräfte.
- Formulieren Sie für den Schwingkörper die skalare x-Komponente des (aus der Mechanik bekannten) Aktionsprinzips.
- Beurteilen Sie, ob und wie die drei Grössen in der in b) formulierten Gleichung vom Ort  $x$ , der Geschwindigkeit  $v = \dot{x}$  und der Beschleunigung  $a = \dot{v} = \ddot{x}$  des Schwingkörpers abhängen.  $x$ ,  $v$  und  $a$  sind dabei die skalaren x-Komponenten des Orts-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungsvektors. Setzen Sie dann die drei Ausdrücke in das Ergebnis von b) ein.
- Überprüfen Sie, dass die im Unterricht angegebene Funktion  $x = x(t)$  mit der folgenden Funktionsgleichung die in c) hergeleitete Gleichung löst:

$$x(t) = \hat{x} e^{-\delta t} \sin(\omega_d t + \varphi)$$

$$\text{wobei: } \delta := \frac{k}{2m}$$

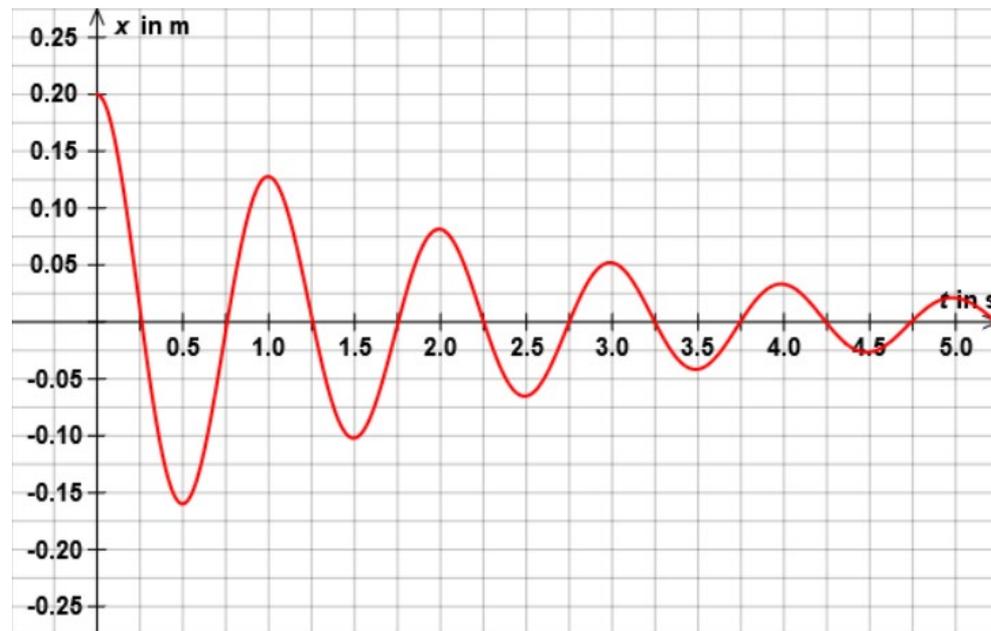
$$\omega_0 := \sqrt{\frac{D}{m}}$$

$$\omega_d := \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} \quad (\delta < \omega_0, \text{ schwache Dämpfung})$$

Hinweise:

- Setzen Sie die Funktionsterme der Funktion  $x$  und deren ersten und zweiten Ableitung, d.h.  $\dot{x}(t) = \dots$ ,  $\ddot{x}(t) = \dots$  und  $\ddot{x}(t) = \dots$  in die Gleichung ein.
- Führen Sie in der so erhaltenen Gleichung einen Koeffizientenvergleich durch: Die Koeffizienten (Vorfaktoren) der auftretenden Ausdrücke  $e^{-\delta t} \sin(\omega_d t + \varphi)$  und  $e^{-\delta t} \cos(\omega_d t + \varphi)$  bzw.  $\sin(\omega_d t + \varphi)$  und  $\cos(\omega_d t + \varphi)$  (nach Division mit  $e^{-\delta t}$ ) müssen auf beiden Seiten der Gleichung je gleich sein.

- 3.2 Der Graf der Funktion  $x = x(t)$  aus der Aufgabe 3.1 d) sieht für bestimmte Zahlenwerte der Grössen  $m$ ,  $D$ ,  $k$ ,  $\hat{x}$  und  $\varphi$  für  $t \geq 0$  s wie folgt aus:



- Bestimmen Sie aus dem Grafen die konkreten Zahlenwerte für die Periode  $T_d$  und die Kreisfrequenz  $\omega_d$ .
- Bestimmen Sie aus dem Grafen die Zeitpunkte/Zeitintervalle, zu/in welchen ...
  - ... in der Feder keine Energie gespeichert ist.
  - ... im Dämpfer keine Energie dissipiert wird.
  - ... im Schwingkörper kein Impuls gespeichert ist.
  - ... Impuls von der Feder in den Schwingkörper fliesst.
  - ... Impuls vom Schwingkörper in den Dämpfer fliesst.
  - ... Impuls von der Feder in die Erde fliesst.
  - ... Energie von der Feder in die Erde fliesst.
  - ... Energie in den Dämpfer fliesst.

- 3.3 Führen Sie in Moodle den [Test 3.1](#) durch.

### Lehrbuch KPK 3 (Karlsruher Physikkurs, Band 3)

#### 1 Schwingungen

- 1.7 Drehschwingungen: Hin- und herfliessender Drehimpuls (Seiten 15 und 16)
- 1.9 Die Dämpfung von Schwingungen (Seiten 18 bis 20)