# Mechanische Schwingungen

Feb 2018

## Feder- und Fadenpendel

Experimente zeigen:

Die Schwingungsdauer eines **Federpendels** hängt nur von der Schwingungsmasse m und der Federkonstanten D ab.
Die Schwingungsdauer eines **Fadenpendels** hängt nur von der Fadenlänge l und dem Ortsfaktor g ab.

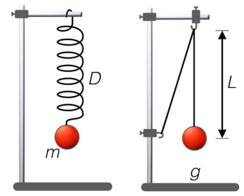

Abb.1: Feder- und Fadenpendel

## Harmonische Schwingung

Die genaue Analyse des zeitlichen Verlaufes der Auslenkung s aus der Ruhelage bei einer Federschwingung zeigt einen sinus-förmigen Graphen:

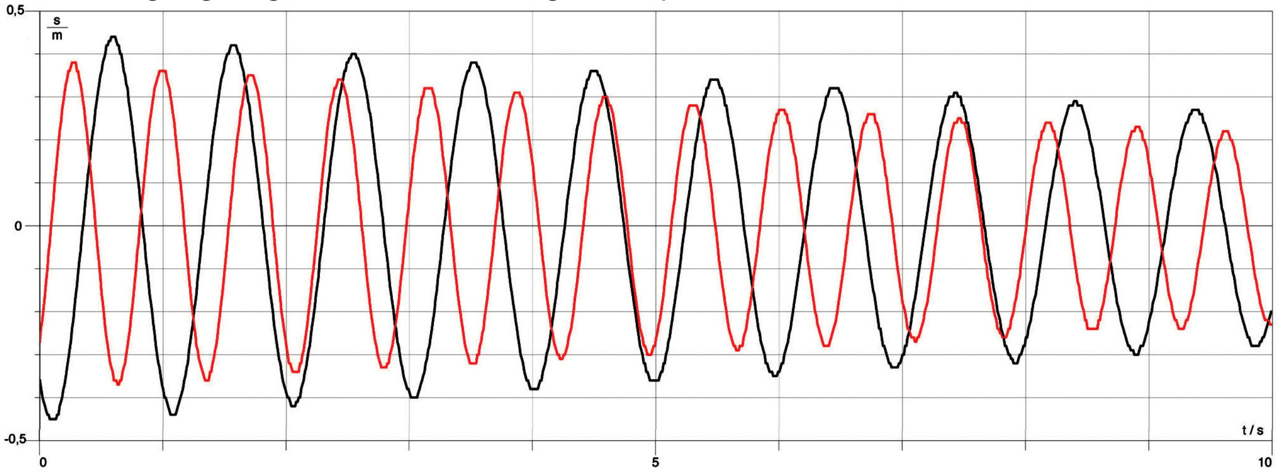

Diagramm 1: s(t) für zwei Federschwingungen (gleiche Feder, unterschiedliche Schwingungsmasse)

Schwingungen, die durch eine sinusförmige Zeit-Auslenkung-Funktion (Zeit-Elongation-Funktion) beschrieben werden, heißen **harmonische Schwingungen**.

Grundbegriffe einer Schwingung:

- **Amplitude a** bzw. $\hat{s}$
  Die maximale Auslenkung aus der Ruhelage.
- **Schwingungsdauer** bzw. **Periodendauer T**
  Die Dauer einer kompletten Schwingung.
- **Frequenz f**
  Der Quotient aus der Zahl n der Perioden und der dafür benötigten Zeit t.
  $f = \frac{n}{t} = \frac{1}{T}$ ; $[f]= \frac{1}{s}$ =1 Hz (Hertz)

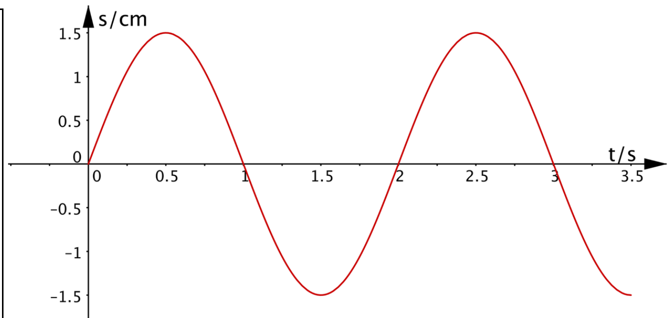

Abb.2: Harmonische Schwingung

***A1***: Ermittle die Werte für die oberen Größen in Abbildung 2 und markiere a und T im Diagramm.

***A2:*** Ermittle aus Abbildung 2, wo sich der Schwingungskörper zum Zeitpunkt t=2,25s befindet.

## Zeit-Gesetze

Aus der Definition der harmonischen Schwingung folgt das Zeit-Auslenkung-Gesetz.

***A3:*** Mit $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = s'(t) = \dot{s}$ und $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = v'(t) = \dot{v}$ ergibt sich v(t) und a(t). Ergänze!

| | |
|---|---|
| **Zeit-Auslenkung-Gesetz** | $s(t) = \hat{s} \cdot \sin(\omega t)$ mit $\omega = 2\pi f$ (**Bogenmaß**) |
| **Zeit-Geschwindigkeit-Gesetz** | v(t) = |
| **Zeit-Beschleunigung-Gesetz** | a(t) = |

In dieser Schreibweise mit sin(ωt) gilt: Zum Zeitpunkt t=0 bewegt sich der Schwingungskörper durch die Gleichgewichtslage s=0m in positiver Richtung.

***A4:*** a) Gib das Zeit-Auslenkung-Gesetz zu Abbildung 2 an.
b) Berechne den Ort des Schwingungskörpers zum Zeitpunkt t=2,25s.
c) Wann ist der Schwingungskörper 1cm von der Ruhelage entfernt?

**Rückstellkraft und Richtgröße**

Ursache für die Schwingung ist eine Kraft, die immer zur Ruhelage weist. Diese Kraft heißt daher Rückstellkraft.

Aus F=ma folgt mit den Zeit-Gesetzen: $F = ma = -m \cdot \omega^2 \cdot \hat{s} \cdot \sin(\omega t) = -m \cdot \omega^2 \cdot s(t)$ also F~s.

**Lineares Kraftgesetz**: Bei einer harmonischen Schwingung ist die **Rückstellkraft** F proportional zur Auslenkung s und entgegen der Auslenkung s gerichtet (Minuszeichen).

F=-Ds mit $D = m\omega^2$ =**Richtgröße** der Schwingung

Die Umkehrung gilt auch: Ist die Rückstellkraft linear abhängig von der Auslenkung, so ergibt sich eine harmonische Schwingung.

Die Schwingungsdauer einer harmonischen Schwingung ist nur abhängig von der Richtgröße D und der Schwingungsmasse m. Es gilt:

Die **Periodendauer** einer harmonischen Schwingung ist $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}}$

***A5***: Leite den Term für T aus $\omega = 2\pi f$ und $D = m\omega^2$ her.

**Federpendel**

Wird die Schwingungsmasse eines Federpendels aus der Ruhelage um die Strecke s ausgelenkt, so wirkt die Kraft F=-Ds (Hookesches Gesetz) in Richtung Ruhelage. Die Rückstellkraft ist somit proportional zur Auslenkung aus der Ruhelage. Das Federpendel beschreibt deshalb eine harmonische Schwingung.

Beim einfachen Federpendel wird die Richtgröße D durch die Federkonstante D bestimmt.

Für das Federpendel gilt $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}}$ mit D=Federkonstante und m=Schwingungsmasse.

***A6***: In Diagramm 1 ist die kleinere Schwingungsmasse $m_1$=40g.

a) Bestimme für die Schwingungen die Schwingungsdauer und die Schwingungsfrequenz.
b) Ermittle die Federkonstante D der verwendeten Feder.
c) Bestimme die zweite verwendete Masse $m_2$.
d) Zeichne in das Diagramm den Verlauf einer Schwingung mit derselben Feder und der Schwingungsmasse $m_3$=140g.

**Fadenpendel**

Für *kleine Auslenkungen* ist die Schwingung eines Fadenpendels *annähernd* harmonisch.

Für das Fadenpendel gilt $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ mit l=Pendellänge, g=Ortsfaktor. (Details, siehe Buch S. 111)

**Federschwinger**

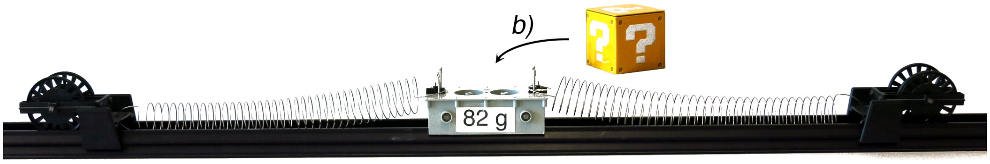


Abb.3: Federschwinger

***A7***: Ein Wagen befindet sich zwischen zwei identischen Federn.

a) Bestimme experimentell die Richtgröße des Federschwingers und vergleiche diese mit den Federkonstanten der verwendeten Federn.
b) Bestimme mit einem zweiten Schwingungsversuch die Masse der Box.

**Schiefe Ebene**

***A8***: Eine Kugel zwischen zwei schiefen Ebenen vollführt ebenfalls eine Schwingung.

a) Wie hängt die Rückstellkraft von der Auslenkung s ab?
b) Begründe, warum diese Schwingung nicht harmonisch ist.

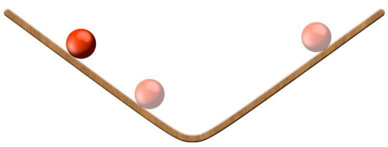

Abb.4: Kugel auf schiefer Ebene

**Weitere und ergänzende Informationen im Buch**

S.104 (Federpendel), S110/111 (Fadenpendel) S.105 (Grundbegriffe & Zeit-Gesetze), S.106 (Rückstellkraft & Richtgröße), S.111 (Nicht-harmonische Schwingung), S.124 (Zusammenfassung)