

Harmonische Schwingungen – Beispiele und Übungsaufgaben

Carlo Vöst



© ismagilov/iStock/Getty Images Plus

In diesem Unterrichtsmaterial bringen Sie den Lernenden die theoretischen Grundlagen von harmonischen Schwingungen näher. Dabei werden vielfältige Erscheinungsformen und Beispiele vorgestellt und näher beleuchtet. Es schließt sich eine Fülle von Aufgaben zum Einüben des besprochenen Stoffes an. Am Ende der Einheit steht eine Klassenarbeit, wodurch das Erlernete überprüft werden kann. So können die Schülerinnen und Schüler dieses Material zum Selbststudium oder auch als Hilfe zur Vorbereitung für eine Klassenarbeit nutzen.

Harmonische Schwingungen – Beispiele und Übungsaufgaben

Oberstufe

Carlo Vöst

Hinweise	1
M1 Begriffe und Grundlagen harmonischer Schwingungen	2
M2 Beispiele harmonischer Schwingungen	9
M3 Aufgaben	19
M4 Klassenarbeit	25
Lösungen	27

Die Schülerinnen und Schüler sollen:

grundlegende Begriffe harmonischer Schwingungen kennen. Nach einführendem Basiswissen schöpfen Sie aus einer Reihe von Beispielen und lassen die Jugendlichen Übungsaufgaben zu diesem zentralen mechanischen Thema bearbeiten. Eine Klassenarbeit am Ende der Einheit steht als Lernfortschrittskontrolle bereit.

Überblick:

Legende der Abkürzungen:

AB Arbeitsblatt LEK Lernerfolgskontrolle

Thema	Material	Methoden
Harmonische Schwingungen	M1, M2	M3
Aufgaben	M3	AB
Klassenarbeit	M4	LEK

Kompetenzprofil:

Inhalt: Diagramme zu verschiedenen schwingungsfähigen Systemen u. a. dem Feder- und Fadenpendel, Schwingung eines Fadenpendels, Schwingungsdauer verschiedener Größen

Medien: Taschenrechner

Kompetenzen: Erklären von Phänomenen unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien (S1), Erläutern von Gültigkeitsbereichen von Modellen und Theorien und Beschreiben von Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten (S2), Auswählen bereits bekannter geeigneter Modelle bzw. Theorien für die Lösung physikalischer Probleme (S3)

© RAABE 2023

Erklärung zu den Symbolen



einfaches Niveau



mittleres Niveau



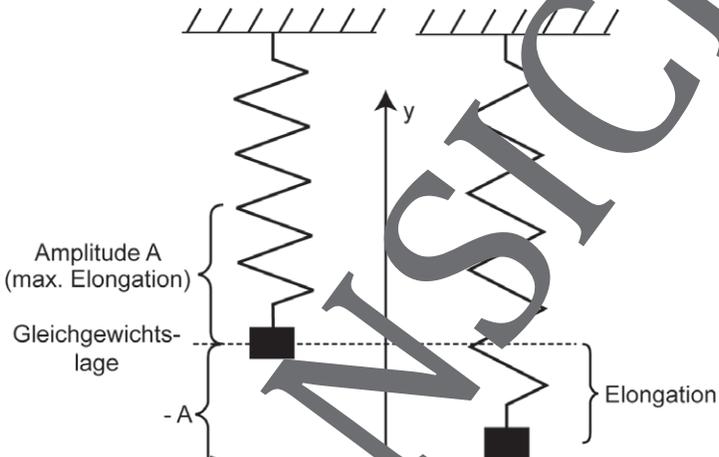
schwieriges Niveau

M1 Begriffe und Grundlagen harmonischer Schwingungen

Schwingung



Eine Schwingung ist eine mit Hin- und Hergang sich periodisch wiederholende Bewegung. Wichtige Begriffe zur Beschreibung einer Schwingung können in der folgenden Abbildung am Beispiel eines Schraubenfederpendels erklärt werden:



Skizze: Carlo Vöst

Weitere grundlegende Begriffe sind in der kommenden Tabelle zusammengefasst:

Formelzeichen	Bedeutung	Einheit
T	Schwingungsdauer	1 s
$f = \frac{1}{T}$	Frequenz	1 Hz
$\omega = \frac{2\pi}{T}$	Kreisfrequenz	$1 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$

Das Fadenpendel

Ein Fadenpendel (oder auch mathematisches Pendel) besteht aus einem Pendelkörper der Masse m , der mit einem Faden der Länge l an einer Befestigung aufgehängt ist, wobei die Länge l vom Aufhängepunkt bis zum Schwerpunkt des Pendelkörpers gemessen wird. Der Pendelkörper wird dann etwas aus seiner (momentanen) Ruhelage durch eine äußere Kraft ausgelenkt und dann wird das System sich selbst überlassen.

Folgende vereinfachende Annahmen müssen gemacht werden, damit es tatsächlich zu einer harmonischen Schwingung kommt:

- Der Pendelkörper wird anfangs nur eine kleine Strecke ausgelenkt.
- Die Masse des Fadens wird vernachlässigt.
- Die Bewegung des Pendelkörpers und des Fadens verläuft reibungsfrei.



Untersuchung der harmonischen Schwingung beim Fadenpendel:

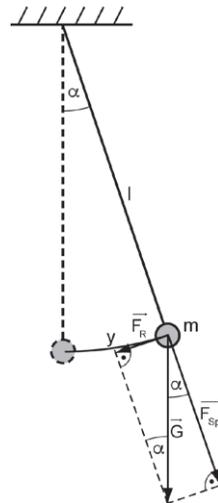
- α : Auslenkwinkel des Fadenpendels ab der Ruhelage, gemessen im Bogenmaß
- l : Fadenlänge
- m : Masse des angehängten Pendelkörpers
- G : Gewichtskraft des angehängten Pendelkörpers
- \vec{F}_R : rücktreibende Kraft
- Es gilt für den Winkel

$$\sin \alpha = \frac{F_R}{G} \Rightarrow F_R = G \cdot \sin \alpha .$$

Mit der Anwendung von oben kann die Kleinwinkelnäherung angewendet werden:

$$\begin{aligned} \alpha \text{ klein} &\Rightarrow \sin \alpha \approx \alpha \\ \Rightarrow F_R = G \cdot \alpha &\Rightarrow F = mg \frac{y}{l} = \underbrace{mg}_{\text{konst. (= D)}} \cdot y . \end{aligned}$$

Somit ist die rücktreibende Kraft \vec{F}_R proportional zur Elongation y (wobei y auf einem Kreisbogenstück gemessen wird). Damit ist die Schwingung eines Fadenpendels ein Beispiel für eine harmonische Schwingung.



Skizzen: Carlo Vöst

- e) Erläutern Sie, wie die Masse des angehängten Gewichtsstücks geändert werden müsste, wenn das Federpendel mit doppelter Frequenz schwingen sollte. Begründen Sie Ihre Darstellung.
3. An einer Schraubenfeder schwingt ein Körper der Masse $m = 200 \text{ g}$ harmonisch. Die Zeitrechnung möge beginnen, wenn der Körper das Schwingungszentrum nach unten passiert. Die maximale Elongation ist $\Delta y = 6,00 \text{ cm}$ und die maximale Geschwindigkeit beträgt $v_{\max} = 30,0 \text{ cm/s}$.
- a) Mit einem numerischen Verfahren kann eine solche Schwingung untersucht werden. Es sind (als Startwerte“) vorgegeben: Die Richtgröße D , die (Anfangs-) Elongation y_0 , die (Anfangs) Geschwindigkeit v_0 und die Masse m . Beschreiben Sie formelmäßig ein numerisches Verfahren, wie man ausgehend von diesen Startwerten die jeweilige Elongation y_{neu} zu bestimmten Abständen von Δt berechnen kann.
- b) Berechnen Sie aus den oben gegebenen Werten die Schwingungsdauer. [Ergebnis: $T = 1,26 \text{ s}$]
- c) Stellen Sie die Zeit-Ort-Funktion auf und zeichnen Sie den Graphen dieser Funktion. Nutzen Sie die folgende Einteilung der Achsen: t -Achse: $1 \text{ cm} \hat{=} 0,20 \text{ s}$; y -Achse: $1 \text{ cm} \hat{=} 2,0 \text{ cm}$. Nehmen Sie dem Graphen, wann der Körper zum ersten Mal die Elongation $y = 2,5 \text{ cm}$ hat.
- d) Berechnen Sie die maximale (rücktreibende) Kraft.
- 4.
- a) Um die Federkonstante einer Schraubenfeder zu bestimmen, wird an sie ein Körper der Masse 50 g gehängt. Dadurch verlängert sich die Feder um $9,60 \text{ cm}$. Berechnen Sie die Federkonstante.
- b) Diese Schraubenfeder wird nun für ein Federpendel benutzt. Dabei wird an die Feder ein Körper unbekannter Masse m gehängt. Er schwingt dann mit einer Pendeldauer von $0,700 \text{ s}$. Berechnen Sie seine Masse m .
- c) Berechnen Sie die Pendellänge eines harmonisch schwingenden Fadenpendels, welches die gleiche Periodendauer wie das eben beschriebene Federpendel besitzt.
- d) Zeigen Sie allgemein, dass bei einem Federpendel und einem Fadenpendel die Verlängerung der Feder und die Pendellänge des Fadenpendels gleich sind, wenn beide Pendel die gleiche Schwingungsdauer besitzen.

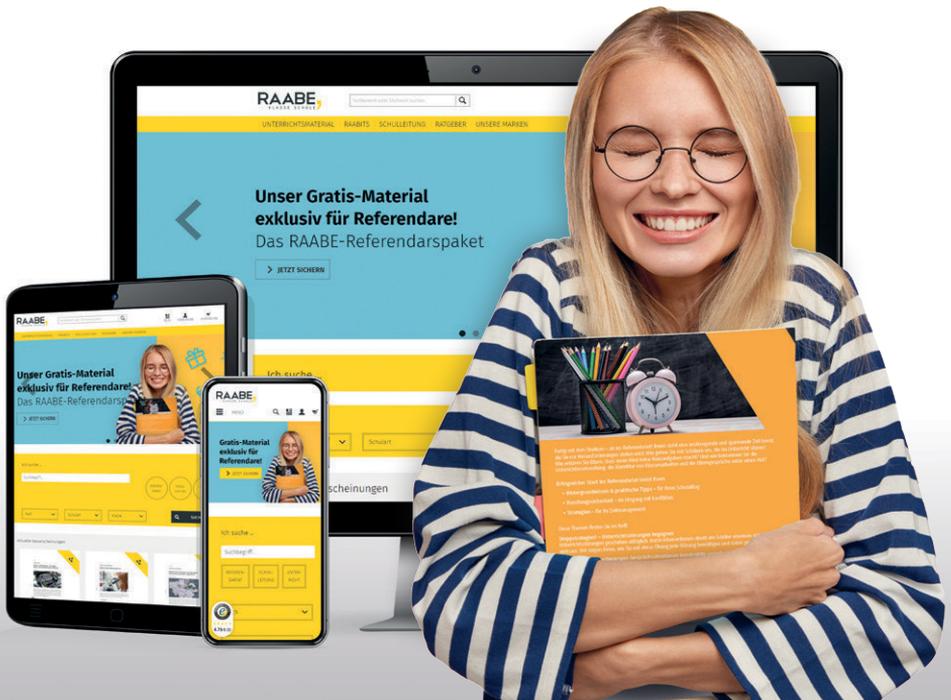


Skizze: Carlo Vöst

© RAABE 2023

Sie wollen mehr für Ihr Fach?

Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



Über 5.000 Unterrichtseinheiten
sofort zum Download verfügbar



Webinare und Videos
für Ihre fachliche und
persönliche Weiterbildung



Attraktive Vergünstigungen
für Referendar:innen mit
bis zu 15% Rabatt



Käuferschutz
mit Trusted Shops



Jetzt entdecken:
www.raabe.de