

Versuch 4: Pohlsches Rad

Jascha Fricker, Benedict Brouwer

6. April 2022

Einleitung

In diesen Versuch wird ein gedämpfter harmonischer Oszillator untersucht. Harmonische Oszillatoren sind ein wichtiges Modell in der Physik, da sie sehr viele Systeme in der realen Welt beschreiben können. Ein berühmtes Thema sind z. B. Resonanzkatastrophen, bei denen große Bauwerke in ihrer Eigenschwingung angeregt werden. Genau solche Schwingungen eines getriebenen Harmonischen Oszillators werden auch in diesem Versuch untersucht.

Inhaltsverzeichnis

1	Stromsabhängigkeit der Dämpfungskonstanten	2
1.1	Theorie	2
1.2	Experimenteller Aufbau	2
1.3	Auswertung	2
2	Schwingungsverhalten bei gegebener Dämpfung	2
2.1	Auswertung	3

1 Stromsbhängigkeit der Dämpfungskonstanten

1.1 Theorie

Je nachdem wie stark ein harmonischer Oszillator gedämpft wird, ändert sich seine Schwingfrequenz. Ein gedämpfter harmonischer Oszillator hat die Bewegungsgleichung

$$\phi(t) = \phi_0 \cdot \exp(-\lambda t) \cdot \cos(\omega_d t - \beta), \quad (1)$$

mit Kreisfrequenz $\omega_d = \sqrt{\frac{k}{\Theta} - \lambda^2}$ (Drehmoment Θ und Federkonstante k) und β als Phasenverschiebung. Diese kann aus der Differentialgleichung der Kräfte hergeleitet werden (siehe Aufgabenblatt [1, (5)]). Bei der in diesem Experiment benutzten Wirbelstrombremse ist die Dämpfungskonstante λ proportional zum Quadrat des Stroms I durch die Bremse.

$$\lambda \propto I^2. \quad (2)$$

1.2 Experimenteller Aufbau

Die Stromstärke der Wirbelstrombremse wurde mit einem Labornetzteil eingestellt und mit einem VC130 Multimeter gemessen. Nachdem das Phlsche Rad fast maximal ausgelenkt worden war, wurde der Winkel des Pohlschen Rades abhängig von der Zeit mit einem Hall Sensor gemessen und digital aufgenommen.

1.3 Auswertung

Um die Eigenfrequenz und Dämpfungskonstante abhängig von der Stromstärke zu bestimmen, wurde auf jede Messreihe einzeln mit der Funktion `optimize.curve_fit` der Pythonbibliothek `scipy` die Theoriekurve 1 gefittet und auch die Unsicherheit ausgerechnet. Mit diesen 2x15 Datenpunkten können jetzt die Zusammenhänge zwischen ω_d , λ und I untersucht werden.

2 Schwingungsverhalten bei gegebener Dämpfung

Bei gegebener Dämpfung hat der Oszillator eine charakteristische Eigenfrequenz. Die Eigenfrequenz eines Oszillators lässt sich mithilfe der Schwingungsperiode T berechnen

$$\omega_d = \frac{2\pi}{T} \quad (3)$$

Bei einer gedämpften Schwingung liegen alle Maxima der Ausschläge des Pohlscehn Rades auf der Kurve

$$\phi(t_n) = \phi_0 \cdot \exp(-\lambda t_n) \quad (4)$$

$$\text{mit } t_n = n \cdot T + \beta \quad (5)$$

$$\text{da } \cos(\omega \cdot t_n + \beta) = 1. \quad (6)$$

$$(7)$$

Die Abklingzeit

$$\tau = \frac{1}{\lambda} \quad (8)$$

ist der Kehrwert der Dämpfungskonstante.

Bei einem gezwungenen Oszillator mit Drehmoment $M_0 \sin(\omega t)$ kommt noch die partikuläre Lösung zur Bewegungsgleichung

$$\phi(t) = A(\omega) \cdot \sin(\omega t - \Phi) + C \cdot \exp(-\lambda t) \cdot \cos(\omega_d - \beta) \quad (9)$$

$$\text{mit Amplitude } A(\omega) = \frac{M_0}{\Phi \sqrt{\quad}} \quad (10)$$

2.1 Auswertung

Die von Hand

Literatur

- [1] Technische Universität München. Aufgabenstellung Pohlsches Rad (POR). <https://www.ph.tum.de/academics/org/labs/ap/ap1/POR.pdf>, August 2021.