# Versuch 4: Pohlsches Rad

Jascha Fricker, Benedict Brouwer

7. 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 dehnen große Bauwerke in iherer Eingenschwingung angeregt werden. Genau solche Schwingungen eines getriebenen Harmonischen Oszillators werden auch in diesem Versuch untersucht.

## Inhaltsverzeichnis

# 1 Stromsbhängigkeit der Dämpfungskonstanten

## 1.1 Theorie

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

$$\varphi(t) = \varphi_0 \cdot exp(-\lambda t) \cdot cos(\omega_d - \beta), \tag{1}$$

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

$$\lambda \propto I^2. \tag{2}$$

## 1.2 Experimenteller Aufbau

Die Stromstärke der Wirbelstrombremse wurde mit einem Labornetzteil eingestellt und mit einem VC130 Multieter 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 direkt digital aufgenommen.

## 1.3 Auswertung

Um die Eingenfrequenz und Dämpfungskonsante abhängig von der Stromstärke zu bestimmen, wurde auf jede Messreihe einzeln mit der Funkion optimize.curve_fit der Pythonbibliothek scipy die Theoriekurve 1 gefittet und auch die Unsicherheit ausgerechnet. Mit diesen 2x15 Datenpunkten können jetzt die Zusammenhänge zwischen $\omega_d, \lambda$ und $I$ untersucht werden.

# 2 Schwingungsverhalten bei gegebener Dämpfung

Bei gegebener Dämpfung hat der Oszillator eine Charakteristische Eigenfrequenz Die Eigenfrequenz eines Oszilltaors lässt sich mithilfe der Schwingungsperiode $T$ berechnen

$$\omega_d = \frac{2\pi}{T} \tag{3}$$

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

$$\varphi(t_n) = \varphi_0 \cdot exp(-\lambda t_n) \tag{4}$$
$$\text{mit} \quad t_n = n \cdot T + \beta \tag{5}$$
$$\text{da} \quad cos(\omega \cdot t_n + \beta) = 1. \tag{6}$$
$$\tag{7}$$

Die Abklingzeit

$$\tau = \frac{1}{\lambda} \tag{8}$$

ist der Kehrwert der Dämpfungskonstante.

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

$$\varphi(t) = A(\omega) \cdot sin(\omega t - \varphi) + C \cdot exp(-\lambda t) \cdot cos(\omega_d - \beta) \tag{9}$$

$$\text{mit Amplitude} \quad A(\omega) = \frac{M_o}{\varphi\sqrt{}} \tag{10}$$

### 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.