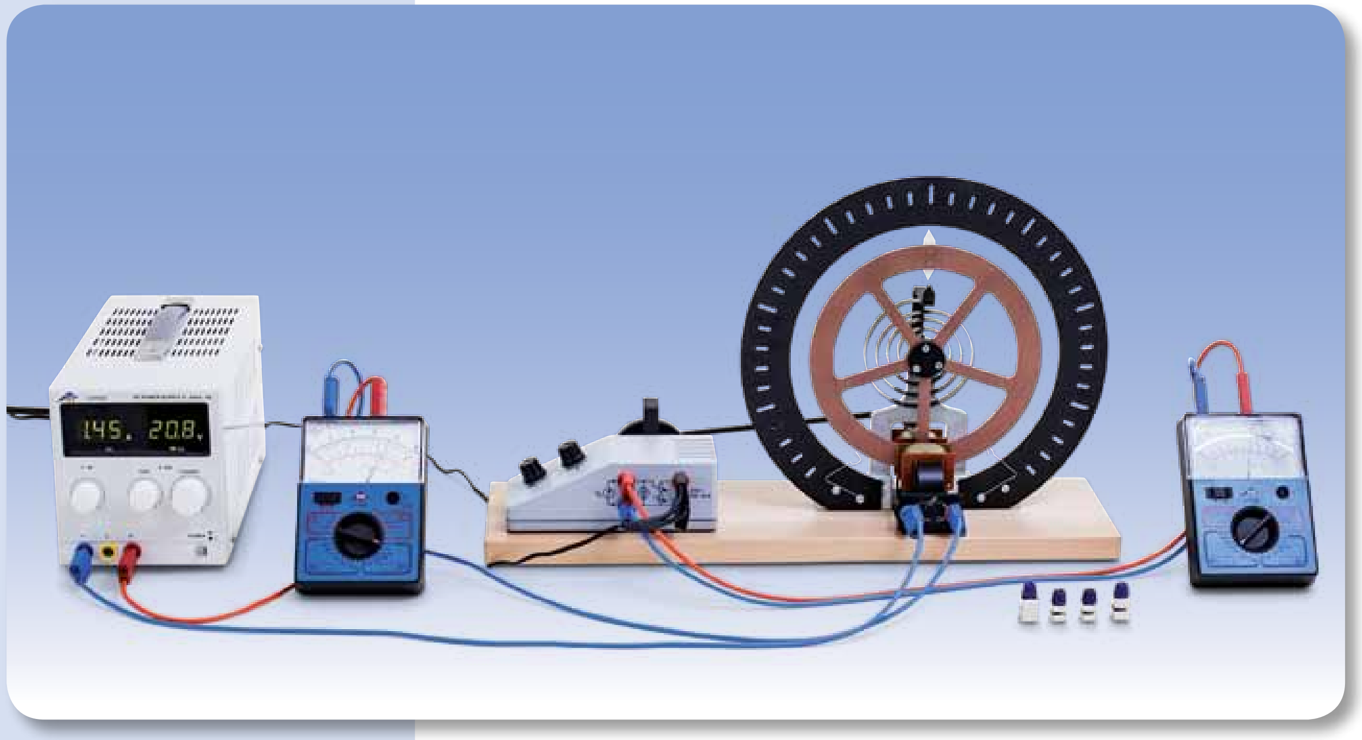
DREHPENDEL NACH POHL



AUFGABEN

- **Messungen der Amplitude erzwungener Schwingungen in Abhängigkeit von der Erregerfrequenz für verschiedene Dämpfungen.**
- **Beobachtung der Phasenverschiebung zwischen Erregung und Schwingung bei sehr kleinen und sehr großen Erregerfrequenzen.**

ZIEL

Messung und Analyse von erzwungenen Schwingungen.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Drehpendel nach Pohl eignet sich auch zur Untersuchung erzwungener Schwingungen. Dazu ist das schwingende System mit einem Erregergestänge verbunden, das durch einen Gleichstrommotor mit einstellbarer Drehzahl bewegt wird und die rückstellende Schneckenfeder periodisch dehnt und staucht. Im Experiment wird für verschiedene Dämpfungen die Amplitude in Abhängigkeit von der Erregerfrequenz gemessen und die Phasenverschiebung zwischen Erregung und Schwingung beobachtet.

BENÖTIGTE GERÄTE

Anzahl	Geräte	Art.-Nr.
1	Drehpendel nach Pohl	1002956
1	Mechanische Stoppuhr, 15 min	1003369
1	Steckernetzgerät 24 V, 0,7 A (230 V, 50/60 Hz)	1000681 oder
	Steckernetzgerät 24 V, 0,7 A (115 V, 50/60 Hz)	1000680
1	DC-Netzgerät 0-20 V, 0-5 A (230 V, 50/60 Hz)	1003312 oder
	DC-Netzgerät 0-20 V, 0-5 A (115 V, 50/60 Hz)	1003311
2	Analog-Multimeter AM50	1003073
1	Satz 15 Sicherheitsexperimentierkabel 75 cm	1002843

ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Das Drehpendel nach Pohl eignet sich auch zur Untersuchung erzwungener Schwingungen. Dazu ist das schwingende System mit einem Erregergestänge verbunden, das durch einen Gleichstrommotor mit einstellbarer Drehzahl bewegt wird und die rückstellende Schneckenfeder periodisch dehnt und staucht.

Die Bewegungsgleichung dieses Systems lautet

(1) $$\frac{d^2\varphi}{dt^2}+2\cdot\delta\cdot\frac{d\varphi}{dt}+\omega_0^2\cdot\varphi=A\cdot\cos(\omega_E\cdot t)$$

$$\text{mit }\ \delta=\frac{k}{2J},\ \omega_0^2=\frac{D}{J},\ A=\frac{M_0}{J}$$

J: Trägheitsmoment
D: Federkonstante
k: Dämpfungskoeffizient
M_0: Amplitude des externen Drehmoments
ω_E: Kreisfrequenz des externen Drehmoments

Die Lösung dieser Bewegungsgleichung setzt sich aus einem homogenen und einem inhomogenen Anteil zusammen. Der homogene Anteil entspricht der freien gedämpften Schwingung, die in Experiment UE1050500 untersucht wird. Sie nimmt im Laufe der Zeit exponentiell ab und ist nach der sogenannten Einschwingzeit gegenüber dem inhomogenen Anteil vernachlässigbar.

Dagegen ist der inhomogene Anteil

(2) $$\varphi(t)=\varphi_E\cdot\cos(\omega_E\cdot t-\psi_E)$$

an das externe Drehmoment gebunden und bleibt genau solange erhalten, wie dieses wirkt. Seine Amplitude

(3) $$\varphi_E=\frac{A_0}{\sqrt{\left(\omega_0^2-\omega_E^2\right)^2+4\cdot\delta^2\cdot\omega_E^2}}$$

ist umso größer, je näher die Erregerfrequenz ω_E bei der Eigenfrequenz ω_0 des Drehpendels liegt. Man spricht bei $\omega_E = \omega_0$ von Resonanz.

Die Phasenverschiebung

(4) $$\psi_E=\arctan\left(\frac{2\cdot\delta\cdot\omega_E}{\omega_0^2-\omega_E^2}\right)$$

zeigt an, dass die Auslenkungen des Pendels der Erregung nacheilen. Sie ist für sehr kleine Frequenzen annähernd null, wächst mit steigender Frequenz und erreicht bei der Resonanzfrequenz 90°. Bei sehr großen Erregerfrequenzen sind Erregung und Schwingung schließlich um 180° phasenverschoben.

AUSWERTUNG

Die gemessenen Amplituden der gedämpften Schwingungen werden gegen die Erregerfrequenz aufgetragen. Es ergeben sich verschiedene Messkurven, die sich durch Gleichung (4) beschreiben lassen, wenn der richtige Dämpfungsparameter δ gewählt wird.

Dabei zeigen sich leichte Abweichungen zu den in Experiment UE1050500 gefundene Werten für die Dämpfung. Dies ist letztlich darauf zurückzuführen, dass die Reibung nicht – wie angenommen – genau proportional zur Geschwindigkeit ist.

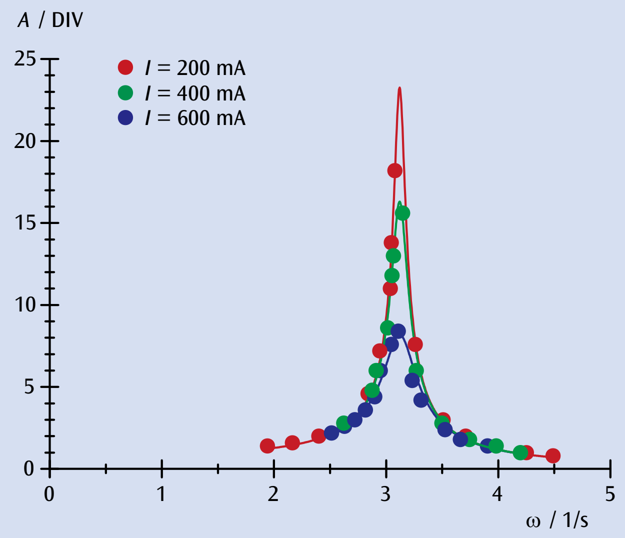


Abb. 1: Resonanzkurven bei verschiedenen Dämpfungen