Physikalisches Praktikum

MI Versuch 1.5

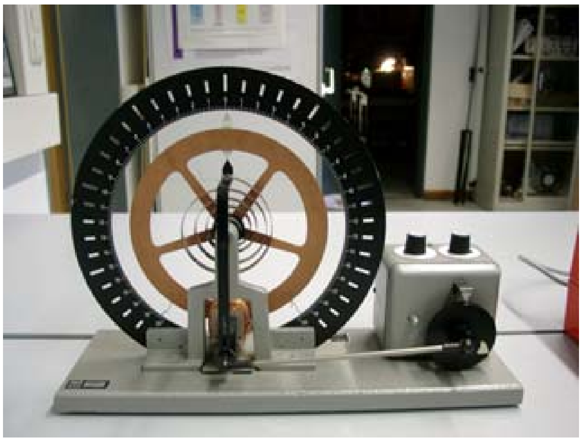
Erzwungene Schwingungen und Dämpfungen (Drehpendel nach Pohl)

MI2AB Prof. Ruckelshausen
Patrick Lipinski, Sebastian Schneider

Patrick Lipinski, Sebastian Schneider

Inhaltsverzeichnis

1.) Versuch 1:



Im ersten Versuch soll die Eigenfrequenz des verwendeten Pohl'schen Drehpendels bestimmt werden. Zunächst soll die Schwingungsdauer des ungedämpften Pendels untersucht werden. Hierzu geben wir keinen Strom auf die Wirbelstrombremse und stellen auch den Motor nicht an. Dann wird das Pohl'sche Rad ausgelenkt und durch Loslassen in Schwingung versetzt, um die Schwingungsdauer zu messen. Hierzu werden 10T gemessen um ein möglichst genaues Ergebnis zu erhalten. Dies geschieht für fünf Messungen, wobei die Größe der Auslenkung irrelevant ist.

t [s] : Schwingzeit des Drehpendels bei 10 Schwingungen
T [s] : Errechnete Periodendauer, Schwingzeit einer Schwingung (T = t / 10)
f_0 [Hz] : Errechnete Eigenfrequenz (f_0 = 1 / T) (für eine Messung)

n	**t [s]**	**T [s]**	**f_0 [Hz]**
1	18	1.8	0.55
2	18	1.8	0.55
3	17.8	1.78	0.562
4	18	1.8	0.55
5	17.9	1.79	0.559

Da die Periodendauer unabhängig von der Amplitude ist, bekommen wir bei allen Messungen nahezu dieselben Ergebnisse und können durch Bildung des Mittelwertes ein noch genaueres Ergebnis ermitteln.

Die (mittlere) Eigenfrequenz wird nach folgender Formel aus der Periodendauer bestimmt:

$$\overline{f_0} = \frac{10 * n}{\sum_1^n t} = \frac{10 * 5}{18s + 18s + 17.8s + 18s + 17.9s} = \frac{50}{89.7s} \cong 0.557\,\frac{1}{s} = \underline{\underline{0.557 Hz}}$$

Für den Fehler der Zeitmessung wird angenommen, dass die Reaktionszeit ausreicht, um auf eine Sekunde genau zu messen.

2.) Versuch 2:

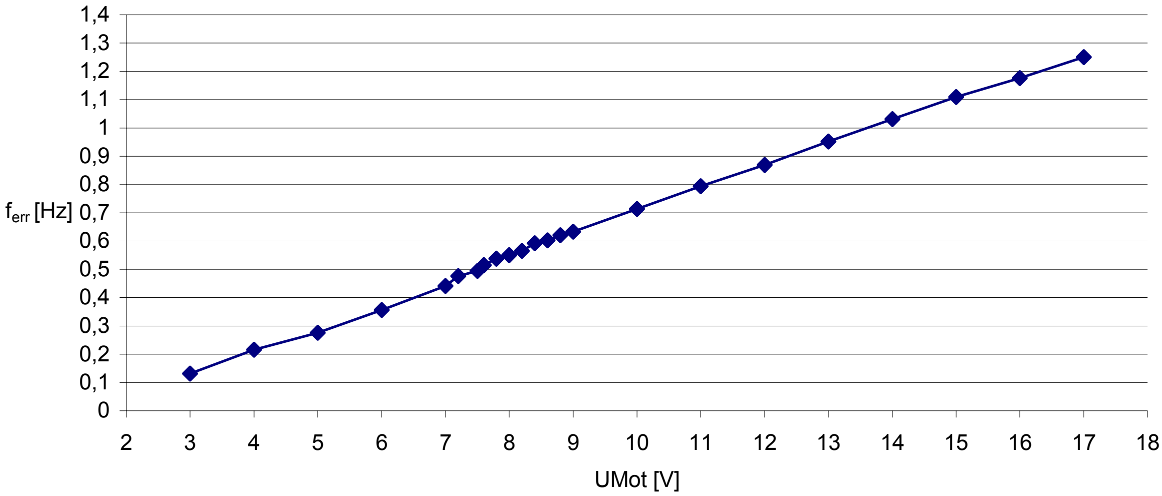
Da nun die Eigenfrequenz des Drehpendels bekannt ist, können die eigentlichen Versuche durchgeführt werden. Jetzt soll das Resonanzverhalten des Pendels untersucht werden. Dieses ist abhängig von der Dämpfung des Systems, welche durch den Strom der Wirbelstrombremse variiert werden kann.
Dazu wird die Spannung von 3V bis 17V in Schritten von 1V erhöht. Im Bereich der Eigenfrequenz des Drehpendels, also zwischen 7V und 9V, soll laut Versuchsaufgabe in 0,2V Schritten vorgegangen werden. Damit keine Schwebungen auftreten, soll der Dämpfungsstrom I_D auf 0,3A eingestellt werden. Die Motorspannung U_{Mot} unterliegt (laut Angaben des Herstellers) einer Genauigkeit von ± 0,05V, der Dämpfungsstrom ± 0,05A.

U_{Mot} : Erregerspannung (laut Technischen Daten zur Motordrehzahl proportional)
t_{err} : Schwingzeit des erregten Drehpendels bei 10 Schwingungen
T_{err} : Errechnete Periodendauer der erregten Schwingung ($T_{err} = t_{err} / 10$)
f_{err} : Errechnete Erregerfrequenz einer erregten Schwingung ($f_{err} = 1 / T_{err}$)

U_{Mot} [V]	**t_{err} [s]**	**T_{err} [s] ($= t_{err} / 10$)**	**f_{err} [Hz] ($= 1 / T_{err}$)**
3	75.5	7.55	0.132
4	46.2	4.62	0.216
5	36.2	3.62	0.276
6	28.1	2.81	0.356
7	22.7	2.27	0.441
7.2	21.0	2.10	0.476
7.5	20.2	2.02	0.495
7.6	19.4	1.94	0.515
7.8	18.6	1.86	0.538
8	18.0	1.80	0.55
8.2	17.7	1.77	0.565
8.4	16.9	1.69	0.592
8.6	16.6	1.66	0.602
8.8	16.1	1.61	0.621
9	15.8	1.58	0.633
10	14.0	1.40	0.714
11	12.6	1.26	0.794
12	11.5	1.15	0.869
13	10.5	1.05	0.952
14	9.7	0.97	1.031
15	9.0	0.90	1.11
16	8.5	0.85	1.176
17	8.0	0.80	1.25

Wie im folgenden Diagramm erkennbar ist, zeichnet sich der Zusammenhang zwischen der Spannung am Motor U_{Mot} und der Erregerfrequenz f_{err} als linear ab.

Zusammenhang zwischen U_{Mot} und f_{err}



Die daraus resultierende Formel sieht folgendermaßen aus:

$$f_{err} = U_{Mot} * m$$

$$m = \frac{\Delta f_{err}}{\Delta U_{Mot}} = \frac{1.25Hz}{17V} \cong 0.0735$$

$$f_{err} \cong \underline{\underline{0.0735 * U_{Mot}}}$$

3.) Versuch 3:

Im letzten Versuch wird der Zusammenhang zwischen Dämpfung und Schwingungsamplitude (A) aufgezeigt.
Die Spannung wird ebenso wie in Versuch 2 im Bereich zwischen 3V und 17V verändert. Für den Bereich um die Eigenfrequenz des Pendels soll ebenfalls wieder in 0,2V Schritten vorgegangen werden, wobei dieser Bereich hier weiter eingegrenzt wurde.
Zur Einstellung der Dämpfung wurde für jede Erregerspannung U_{Mot} der Dämpfungsstrom I_D der Wirbelstrombremse auf die Werte 0.15A, 0.3A, 0.6A, 0.9A und 1.2A eingestellt.
Die Messwerte der Amplitude können aufgrund der Ablesegenauigkeit um ± 0,5 LE schwanken.

A [LE] : Amplitude/Ausschlag des Drehpendels
I_D [A] : Dämpfungsstrom zur Einstellung der Dämpfung des Systems über eine Wirbelstrombremse

U_{Mot} [V]	**f_{err} [Hz]**	**Amplitude A [LE] (bei Dämpfungsstrom I_D =)**				
		0.15 A	**0.3 A**	**0.6 A**	**0.9 A**	**1.2 A**
3	0.132	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
4	0.216	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
5	0.276	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5
6	0.356	1.2	1.2	1.0	0.8	0.5
7	0.441	2.3	1.9	1.4	0.8	0.5
7.6	0.515	5.5	39.	1.7	0.8	0.5
7.8	0.538	7.9	5.6	1.7	0.8	0.5
8	0.55	20.0	6.9	1.7	0.8	0.5
8.2	0.565	7.5	4.7	1.7	0.8	0.5
8.4	0.592	4.5	2.9	1.5	0.8	0.5
9	0.633	1.5	1.4	1.1	0.7	0.4
11	0.794	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3

Trägt man die Werte in ein Diagramm ein so kann man dort gut erkennen, dass bei einer Erregerfrequenz, die der Eigenfrequenz des Pendels sehr nahe kommt, die Amplitude stark ansteigt.
Wird der Dämpfungsstrom I_D größer, verringert sich die Amplitude A, jedoch bleibt der größte Ausschlag immer im Bereich der Eigenfrequenz des Systems.
Diese Erscheinung ist dadurch zu erklären, dass, bei Übereinstimmung von Erregerfrequenz (f_{err}) und Eigenfrequenz des Pendels (f_0), die dem System zugeführte Energie nur zur Beschleunigung genutzt wird. Weicht die Erregerfrequenz ferr von der Eigenfrequenz f_0 ab, so arbeiten die beiden Schwingungen gegeneinander und die Amplitude verringert sich.