

Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler

Blockpraktikum Wintersemester 2022/23

RE-Resonanz

Betreuer: Nicolas Kempf

Protokollanten:



Gruppe 3

Versuchsdatum: 21.02.2023

Inhaltsverzeichnis

1. EINFÜHRUNG UND ZIELSTELLUNG	2
2. VERSUCHSAUFBAU	2
3. AUSWERTUNG	3
4.FAZIT	8

1. Einführung und Zielstellung

Schwingungen begegnen uns täglich in verschiedenen Formen. Sie beschreiben Bewegungen die sich nach einer bestimmten Dauer, der Periodendauer T , wiederholen. Man kann sie nochmals zwischen erzwungenen und freien, sowie gedämpften und ungedämpften Schwingungen unterscheiden. Es entstehen sogenannte Resonanzen die im Folgenden Experiment untersucht werden sollen. Außerdem wird die Dämpfung (durch Magnete), als auch die erzwungene Schwingung genauer betrachtet und gemessen.

2. Versuchsaufbau

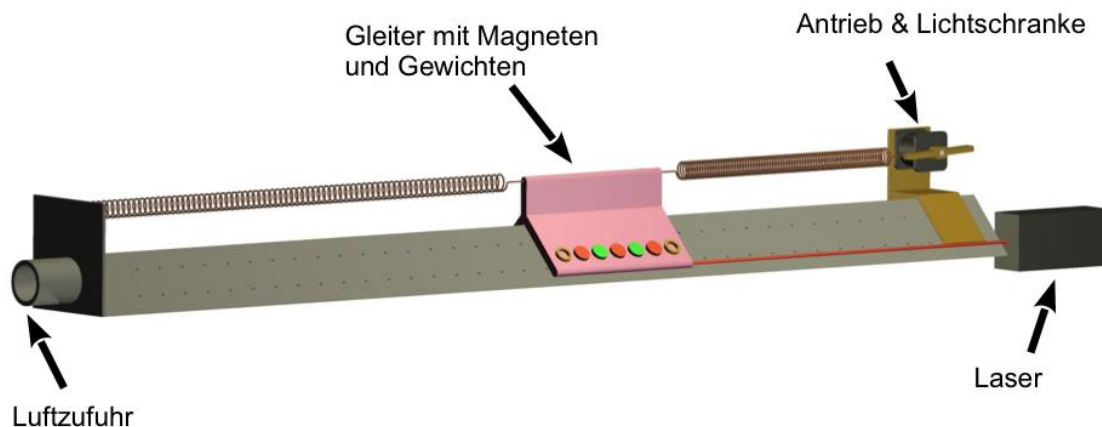


Abb.1 : entkommen aus RE.4: Schema des im Versuch verwendeten Luftkissengleiters

Bei dem Versuch sieht man einen Gleiter mit Magneten und Gewichten in der Mitte (siehe Abb.1), der sich über eine Luftkissenbahn bewegt. Durch Luftzustrom verringert sich die Reibung so, dass sie zu vernachlässigen ist. Allgemein kann den Versuchsaufbau als Federpendel ansehen. Die Federn sind an beiden Seiten fixiert, die Masse des Gleiters ist durch „auffüllen“ mit Messinggewichten konstant. Durch ein Messgerät, ein Laser und das Computerprogramm CassyLab2 kann man ein Weg/Zeit Diagramm erstellen, welches genaue Angaben über die verschiedenen Funktionskonstanten gibt. Im ersten Versuchsteil variierten die Magnetpaare, die eine Dämpfung der freien Schwingung erzeugten. Im zweiten Teil des Experimentes wurde durch einen externen Antrieb eine erzwungene Schwingung erzeugt, wobei zusätzlich einmal ein und einmal fünf Magnetpaare angehängt wurden.

3. Auswertung

3.1 Freie, gedämpfte Schwingung

Messergebnisse:

Anzahl Magnetpaare	0	1	3	5	7
A [m]	0,20945	0,22187	0,22806	0,013504	0,08313
B	0,00705	0,04636	0,14786	0,33214	0,54116
C [s]	2,4969	2,4954	2,4989	2,5126	2,5739
D [m]	0,00178	0,00233	0,0448	0,00330	0,00473
Bestimmtheitsmaß r	1	1	1	0,9999	0,9998

Tabelle 1: Versuch 1, Messdaten in Abhängigkeit von der Anzahl der Magnetpaare 0,1,3,5,7

Aufgabe 1:

Zunächst berechnen wir die Kreisfrequenz $\omega'(b)$ der ungedämpften Schwingungen aus der Tabelle 1:

$$\omega_b' = \frac{2\pi}{T} \quad (\text{RE.11})$$

Es ergibt sich hierbei für die erste Messung (0 Magnetpaare):

$$\omega_0' = \frac{2\pi}{2,4969\text{s}} = 2,5164 \text{ Hz}$$

Magnetenpaare	Kreisfrequenz in 1/s oder Hz
0	2,5164
1	2,51791
3	2,51438
5	2,50067
7	2,44111

Tabelle 2: Kreisfrequenz der gedämpften Schwingung in Abhängigkeit von der Anzahl der Magnetpaare (es wurde auf fünf Nachkommastellen gerundet)

Aus der zweiten Tabelle kann man die berechneten (mit Formel RE.11) Kreisfrequenzen ablesen.

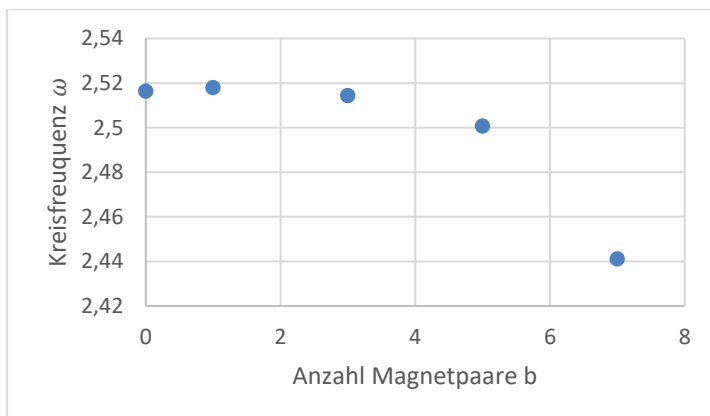


Abb.2: Punkt-Diagramm, dass die Kreisfrequenz ω in Abhängigkeit zu den Magnetpaaren zeigt

Man sieht dabei, dass das sich ω fast so verhält wie erwartet (laut der Formel RE.6). Nur der zweite Messwert (1 Magnetpaar) weicht leicht von der „Trendlinie“ ab. Obwohl der Messwert, wie auch die anderen Werte geringer sein müsste, als der vorhergegangene Wert, ist es ein wenig höher als unsere erste Messung (0 Magnetpaare).

Dies liegt vermutlich an einem Messfehler, bei dem unsere Kurve noch nicht perfekt angepasst wurde, oder am falschem ablesen der Zahlen vom Programm.

Aufgabe 2:

Zunächst werden die in Excel berechneten Werte in der folgenden Tabelle dargestellt:

Anzahl Magnetpaare	$\omega'(b)$	$\omega'(b)^2 [1/s^2]$	β	$\beta(b)^2$
0	2,5164	6,332269	0,00705	0,000050
1	2,51791	6,339871	0,04636	0,002149
3	2,51438	6,322107	0,14768	0,021809
5	2,50067	6,253350	0,33214	0,110317
7	2,44111	5,959018	0,54116	0,292854

Tabelle 3: Übersicht über die (in Excel ausgerechneten) Werte für $\omega'(b)^2$ und $\beta(b)^2$

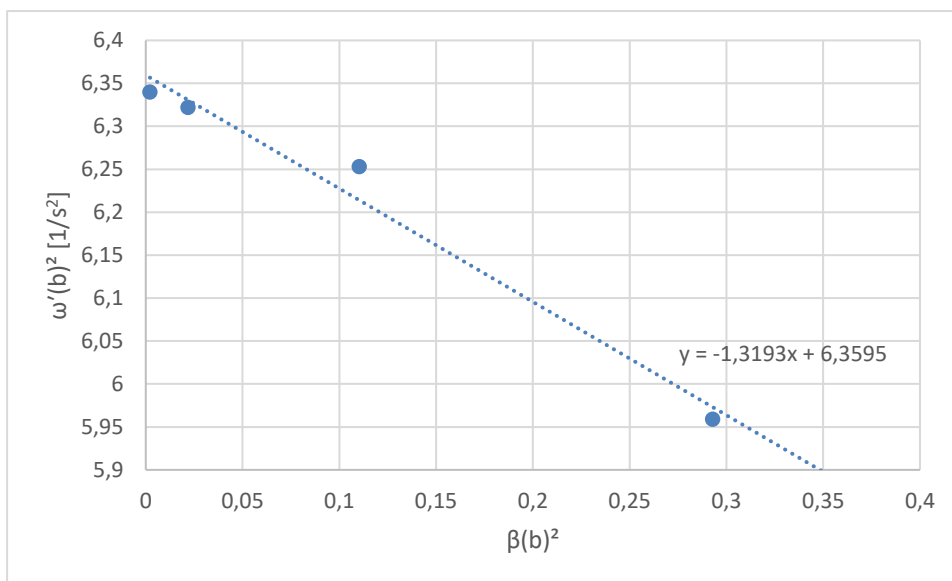


Abb. 3: Ausgleichsgerade des Diagramms von $\omega'(b)^2$ und $\beta(b)^2$

In der zweiten Aufgabe musste man die Ausgleichsgerade der Messpunkte angeben.

Sie lautet: $y = -1,3193x + 6,3595$

Mithilfe dieser Ausgleichsgeraden berechnet man nun den Schnittpunkt mit der „ $\omega'(b)^2$ “-Achse, woraus sich dann ω_0 ergibt.

$$\omega_0^2 = 6,3595 \text{ Hz}$$

$$\omega_0 = 2,52180 \text{ Hz}$$

Bei dem Experiment haben wir für $\omega_0 = 2,5162 \text{ Hz}$ gemessen.

Der experimentelle Wert, sowie der Wert aus dem Diagramm unterscheiden sich kaum, sodass man davon ausgehen kann, dass die Messung relativ gut verlief.

Aufgabe 3:

In der dritten Aufgabe wird die Abklingungskonstante β (b) in 1/s genauer untersucht.

Anzahl Magnetpaare	β (b) [1/s]
0	0,00705
1	0,04636
3	0,14786
5	0,33214
7	0,54116

Tabelle 4: Anzahl Magnetpaare und Abklingungskonstante β (b)

Die Messwerte sieht man außerdem im folgenden Diagramm.

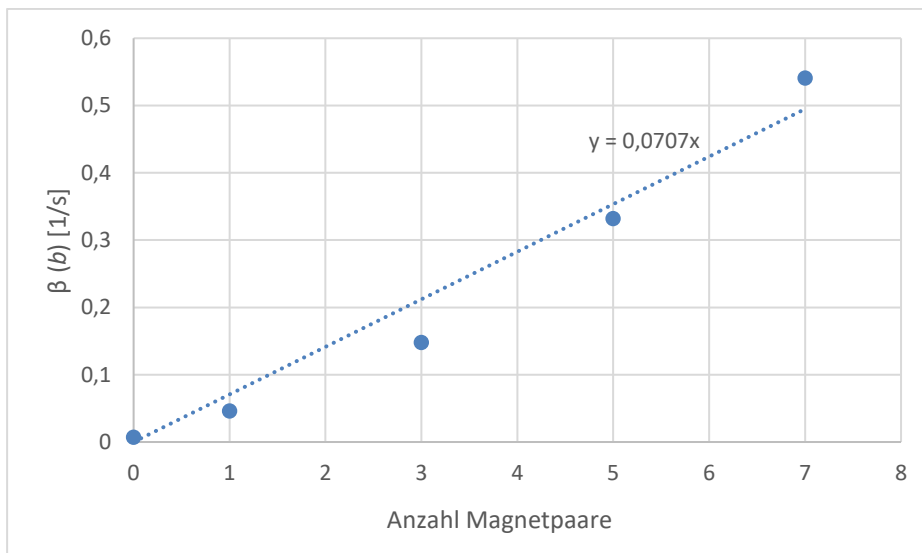


Abb. 4: Diagramm Zusammenhang Magnetpaare und Abklingungskonstante β (b) [1/s]

Die Ausgleichsgerade lautet: $y = 0,0707x$

Der aperiodische Grenzfall tritt (aus RE Seite 4 entnommen) tritt auf, wenn das Federpendel durch die Dämpfung so schnell wie möglich in seine Ruhelage versetzt wird.

Es ergibt sich durch die Formel $\omega_0^2 = \beta^2$

(aus RE Seite 4 entnommen)

$$\omega_0^2 = (0,0707 \frac{1}{s} x)^2$$

$$\omega_0 = (0,0707 \frac{1}{s} x)$$

$$x = \frac{\omega_0}{0,0707} = \frac{2,5164}{0,0707} = 35,59$$

Man braucht insgesamt also 36 Magnetpaare, damit der beschriebene aperiodische Grenzfall auftritt.

3.2 Erzwungene Schwingung

Aufgabe 4:

Unsere Messergebnisse lauten wie folgt:

Für b=1 Magnetpaare

$T_{\text{Motor}} [s]$	$A_0 [m] = \frac{1}{2} (\text{max-min})$	$\Delta T [s]$
2,2	0,02659	0,97
2,3	0,04898	1
2,35	0,06274	1,01
2,4	0,09108	0,98
2,45	0,14916	0,88
2,5	0,19347	0,6
2,55	0,16662	0,33
2,6	0,10883	0,17
2,65	0,0787	0,1
2,7	0,06129	0,06
2,8	0,04647	0,02
2,9	0,03471	0,01

Tabelle 5: Messergebnisse des zweiten Teilversuches für b=1 Magnetpaare

Für b=5 Magnetpaare

$T_{\text{Motor}} [s]$	$A_0 [m] = \frac{1}{2} (\text{max-min})$	$\Delta T [s]$
2,2	0,02038	0,7
2,3	0,02474	0,67
2,4	0,02843	0,61
2,45	0,03112	0,57
2,5	0,03135	0,54
2,55	0,03176	0,49
2,6	0,03149	0,44
2,65	0,03027	0,39
2,7	0,02931	0,36
2,75	0,02808	0,32
2,8	0,02674	0,28
2,9	0,02498	0,24

Tabelle 6: Messergebnisse des zweiten Teilversuches für b=5 Magnetpaare

Aufgabe 4:

In der vierten Aufgabe sollen wir die Erregerfrequenz ω_e und die Phasenverschiebung Φ_0 berechnen.

Dies machen wir mit den Formeln:

$$\omega_e = \frac{2\pi}{T} \quad (T \text{ ist hier } T_{\text{Motor}}, \text{ RE.11})$$

Beispielrechnung: $\omega_e = \frac{2\pi}{2,2} = 2,85599 \frac{1}{s} \quad (T: 1. \text{Wert bei } b=1)$

und

$$\Phi_0 = 2\pi * \frac{\Delta T}{T} = \omega_e * \Delta T \quad (T \text{ ist hier } T_{\text{Motor}} \text{ RE.11})$$

Beispielrechnung: $\Phi_0 = 2\pi * \frac{\Delta T}{T} = \omega_e * 0,97 = 2,77031 \quad (T: 1. \text{Wert bei } b=1)$

Beide Formeln wurden aus der Anleitung abgelesen (RE. 11).

Anschließend sollte man zwei Diagramme erstellen, für $b=1$ und $b=5$, die den Versuch weiter auswerten.

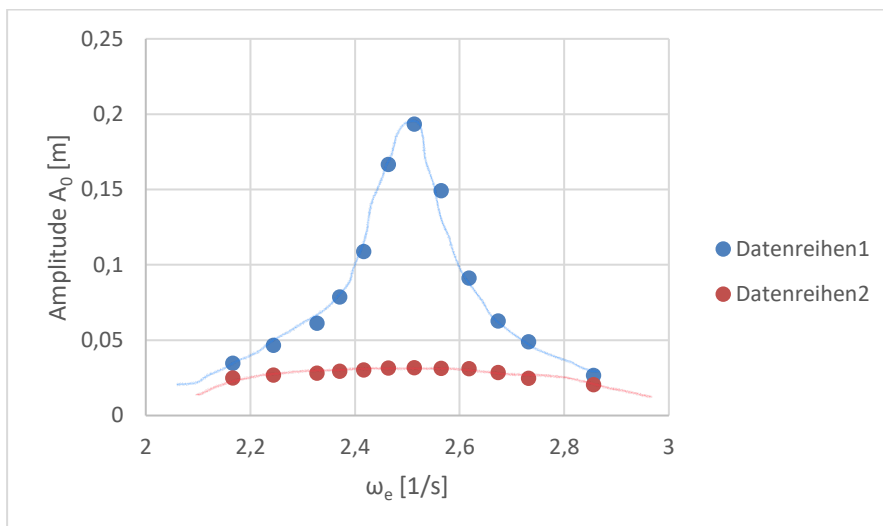


Abb. 5: Erregerfrequenz ω_e in Abhängigkeit von der Amplitude A_0
Datenreihe 1(blau) entspricht $b=1$, Datenreihe 2 (rot) entspricht $b=5$

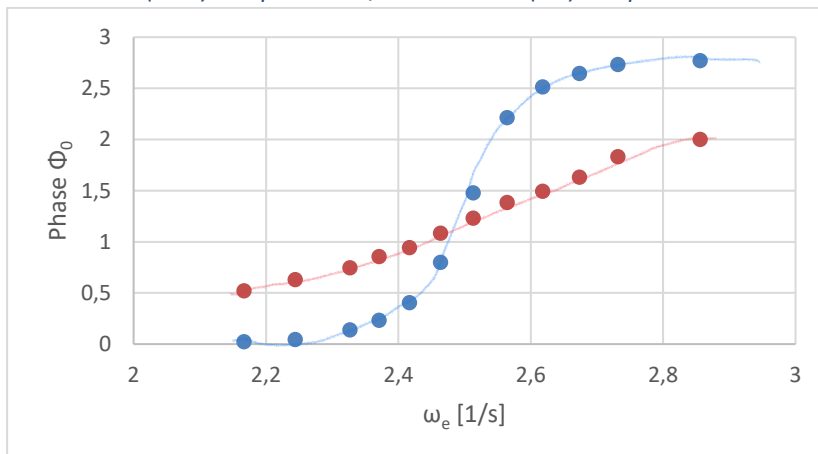


Abb. 6: Phase Φ_0 in Abhängigkeit von der Erregerfrequenz ω_e

In beiden Diagrammen stellt die blaue Kurve den Fall $b=1$ Magnetpaar und die rote Kurve den Fall $b=5$ Magnetpaare dar.

Man erkennt, dass die rote Kurve in beiden Diagrammen (deutlich) flacher verläuft. Somit weiß man, dass die fünf Magnete eine stärkere Dämpfung haben als nur das eine Magnetpaar.

Aufgabe 5:

In der letzten Aufgabe soll man aus den Diagrammen (aus Aufgabe 4) die Kreisfrequenz der Resonanzstelle ablesen. Diese soll mit der rechnerischen Variante der Kreisfrequenz verglichen werden.

Die abgelesenen Resonanzen lauten:

1. $\omega_{\text{Resonanz,1,abgelesen}} = 2,52 \frac{1}{s}$
2. $\omega_{\text{Resonanz,5,abgelesen}} = 2,50 \frac{1}{s}$

Nun werden die Resonanzkreisfrequenzen der gezwungenen Schwingung rechnerisch bestimmt. Dies machen wir mit der Formel RE.9 (aus der Anleitung). Sie lautet:

$$\omega_R = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}$$

ω_0 und β (b) werden hierbei aus „Tabelle 3“ abgelesen.

1. $\omega_{\text{Resonanz,1,ausgerechnet}} = \sqrt{2,51791^2 - 2 * (0,04636)^2} = 2,51706 \frac{1}{s}$
2. $\omega_{\text{Resonanz,5,ausgerechnet}} = \sqrt{2,50067^2 - 2 * (0,33214)^2} = 2,45616 \frac{1}{s}$

Man erkennt, dass die abgelesenen Werte kaum von den ausgerechneten Werten für die Kreisfrequenz abweichen. Dabei ist der Wert für $b=1$ noch genauer als der für fünf Magnetpaare.

4.Fazit

Zusammengefasst kann man sagen, dass der Versuch ohne große Fehler absolviert werden konnte. Beim ersten Versuchsteil gibt es eine kleine Abweichung beim zweiten Wert, der etwas niedriger sein sollte als der erste Wert. Dennoch sehen die Graphen und die restlichen Werte aus wie erwartet, wenn man sich die Formeln angeschaut und überlegt, wie ein Graph verlaufen sollte.

Kleine Abweichungen können allgemein durch Messfehler, Ablesefehler und auch durch nicht perfekte Umgebungsbedingungen, wie beispielsweise keine hundertprozentige Reibungsfreie Schiene, gegeben sein.

Naturwissenschaftler-Praktikum Physikalisches Institut Tübingen

Name, Nachname:

Gruppe:

3

Datum:

21.2.23

Betreuer:

N. Kumpf

U. Kumpf

Versuch Resonanz

Aufgabe 1 (Freie, gedämpfte Schwingung)

Anzahl Magnetpaare	0	1	3	5	7
A [m]	0,20945	0,22187	0,22806	0,13504	0,08313
B	0,00705	0,04636	0,14768	0,33214	0,54116
C [s]	2,4969	2,4954	2,4989	2,5126	2,5739
D [m]	0,00178	0,00233	0,0448	0,00330	0,00473
Bestimmtheitsmaß r	1	1	1	0,9999	0,9998

Aufgabe 2 (Erzwungene Schwingung)

b = 1		
$T_{\text{Motor}} [s]$	$A_0 [m] = \frac{1}{2} (\text{max} - \text{min})$	$\Delta T [s]$
2,2	Min Max 0,02659	0,97
2,3	Min Max 0,04898	1,0
2,4	Min Max 0,09108	0,98
2,5	Min Max 0,19347	0,6
2,6	Min Max 0,10883	0,17
2,7	Min Max 0,06129	0,06
2,8	Min Max 0,04647	0,02
2,9	Min Max 0,03471	0,01
2,35	Min Max 0,06274	1,01
2,45	Min Max 0,14916	0,88
2,55	Min Max 0,1662	0,33
2,65	Min Max 0,0787	0,1
	Min Max	
	Min Max	

Naturwissenschaftler-Praktikum Physikalisches Institut Tübingen

Name, Nachname:

Gruppe: _____ Datum: _____

Betreuer: N. Kugler

	Min	
	Max	
	Min	
	Max	
	Min	
	Max	
	Min	
	Max	

b = 5		
$T_{\text{Motor}} [s]$	$A_0 [m] = \frac{1}{2} (\text{max} - \text{min})$	$\Delta T [s]$
2,2	Min Max 0,02038	0,7
2,3	Min Max 0,02474	0,67
2,4	Min Max 0,02843	0,61
2,5	Min Max 0,03135	0,54
2,6	Min Max 0,03149	0,44
2,7	Min Max 0,02931	0,36
2,8	Min Max 0,02674	0,28
2,9	Min Max 0,02498	0,24
2,55	Min Max 0,03176	0,49
2,45	Min Max 0,03112	0,57
2,75	Min Max 0,02808	0,32
2,65	Min Max 0,03027	0,39
	Min Max	
	Min Max	
	Min Max	
	Min Max	
	Min Max	
	Min Max	