

Resonanz

Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler an der Universität Tübingen

Protokoll von Gesa Höhn und Elise Schmid

AutorInnen: Gesa Höhn, Elise Schmid

Gruppe: 21

Studiengang: Medizintechnik (B.Sc.)

BetreuerIn: Tom von Scheven

Durchgeführt am: 19.01.2023

Abgabe 01: 19.01.2023

Inhalt

1. Einleitung.....	3
2. Experimenteller Teil	3
2.1 Versuchsaufbau	3
2.2 Versuch 1: freie, gedämpfte Schwingung.....	4
2.2.1 Beobachtung.....	4
2.2.2 Auswertung	4
2.3 Versuch 1: erzwungene Schwingung.....	7
2.3.1 Beobachtung.....	7
2.3.2 Auswertung	7
3. Fazit	9
4. Quellen	10
5. Messwerte.....	11

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Versuchsaufbau des Versuchs Resonanz; Abbildung am 19.01.2023 der Versuchsanleitung entnommen	3
Abbildung 2: Versuch 01 Diagramm β in Abhängigkeit von ω' [1/s].....	5
Abbildung 3: Versuch 01 Diagramm $(\omega'(b))^2$ in Abhängigkeit von b^2	5
Abbildung 4: Versuch 01 Diagramm mit der Anzahl der Magnetpaaren in Abhängigkeit zur Abklingkonstante $\beta(b)$ in 1/s.....	6
Abbildung 5: versuch 02 Diagramm ω_e in Abhängigkeit der Amplitude A_0 mit einem Magnetenpaar ($b=1$ in orange) und 5 Magnetenpaaren ($b=5$ in grau).....	8
Abbildung 6: Versuch 02 Diagramm ω_e in Abhängigkeit der Phasendifferenz mit einem Magnetenpaar ($b=1$ in orange) und 5 Magnetenpaaren ($b=5$ in grau).....	8

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Versuch 01 Messdaten, gemessen wurde die Anfangsamplitude A in m, die Abklingkonstante B , die Schwingungsdauer in s, die Abweichung der tatsächlichen Ruhelage vom Idealwert D und das Bestimmtheitsmaß r in Abhängigkeit von der Anzahl der Magnetpaare (0, 1, 3, 5, 7).....	4
Tabelle 2: Versuch 01 Kreisfrequenz eines gedämpften Pendels in Abhängigkeit der Magnetpaare, berechnet mit RE.11, alle Werte wurden auf 5 Nachkommastellen gerundet.....	4
Tabelle 4: Versuch 02 Messergebnisse mit $b=1$	7
Tabelle 5: Versuch 02 Messergebnisse mit $b=5$	7

1. Einleitung

Schwingungen werden die, sich nach einer bestimmten Zeit wiederholenden, Bewegungen eines Körpers um eine Ruhelage genannt. Man unterscheidet zwischen freien und erzwungenen Schwingungen. Diese können gedämpft und ungedämpft verlaufen. Eine gewisse Dämpfung ist wegen Reibung stets vorhanden, wird aber bei den Versuchen nicht berücksichtigt. Im heutigen Versuch untersuchen wir freie Schwingungen mit verschieden starker Dämpfung, sowie eine erzwungene Schwingung unter zwei verschiedenen Dämpfungen.

2. Experimenteller Teil

2.1 Versuchsaufbau

Der Versuch stellt ein Federpendel dar. Das heißt ein Gleiter, der auf einer Schiene aufliegt, ist an beiden Enden mit jeweils einer Feder ausgestattet. Die Federn sind an den beiden Enden der Schiene fixiert. Im Optimalfall sind diese Federn identisch. Eine Luftzufuhr, die aus kleinen Löchern aus der Schiene Luft ausströmen lässt, sorgt dafür, dass der Gleiter auf der Schiene schwebt. Der Gleiter ist ausrüstbar mit Magneten und Gewichten, welche austauschbar sind. Die Masse des Gleiters ist konstant.

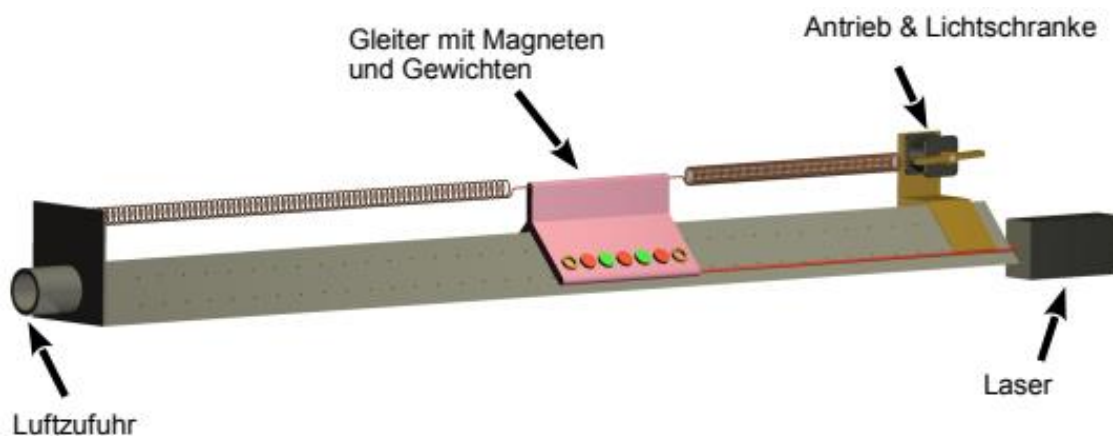


Abbildung 1: Versuchsaufbau des Versuchs Resonanz; Abbildung am 19.01.2023 der Versuchsanleitung entnommen

Mit Lichtschranke, Messgerät und dem Programm Cassy2 lässt sich ein Weg/Zeit Diagramm der Position des Gleiters erstellen. Zusätzlich kann ein Antrieb aktiviert werden, der die eine Feder periodisch auf Spannung setzen kann. Der Antrieb ist in der Lage eine künstliche Bewegung des Gleiters zu erzeugen

2.2 Versuch 1: freie, gedämpfte Schwingung

2.2.1 Beobachtung

Die gemessenen Werte wurden in tabellarisch Dokumentiert.

Anzahl der Magnetenpaare	0	1	3	5	7
A [m]	0,24524	0,22642	0,17209	0,14142	0,09479
B	0,00752	0,04925	0,19292	0,33587	0,49954
C [s]	2,4981	2,5014	2,5144	2,5254	2,5696
D [m]	0,0031	0,0039	0,00654	0,00069	0,00062
Bestimmtheitsmaß r	1	1	0,9999	1	1

Tabelle 1: Versuch 01 Messdaten, gemessen wurde die Anfangsamplitude A in m, die Abklingskonstante B, die Schwingungsdauer in s, die Abweichung der tatsächlichen Ruhelage vom Idealwert D und das Bestimmtheitsmaß r in Abhängigkeit von der Anzahl der Magnetenpaare (0, 1, 3, 5, 7)

2.2.2 Auswertung

Zuerst wird ω' der ungedämpften Schwingung mithilfe der Formel (RE.11),

$$\omega' = \frac{2\pi}{C} \quad (1)$$

welche aus der Versuchsanleitung entnommen wird, berechnet. In Tabelle 2 werden die Ergebnisse der experimentellen Werte dokumentiert.

Anzahl der Magnetenpaare	Kreisfrequenz gedämpftes Pendel in 1/s
0	2,51519
1	2,51187
3	2,49888
5	2,48800
7	2,44520

Tabelle 2: Versuch 01 Kreisfrequenz eines gedämpften Pendels in Abhängigkeit der Magnetenpaare, berechnet mit RE.11, alle Werte wurden auf 5 Nachkommastellen gerundet

Die Werte von Tabelle 2 werden als Diagramm dargestellt.

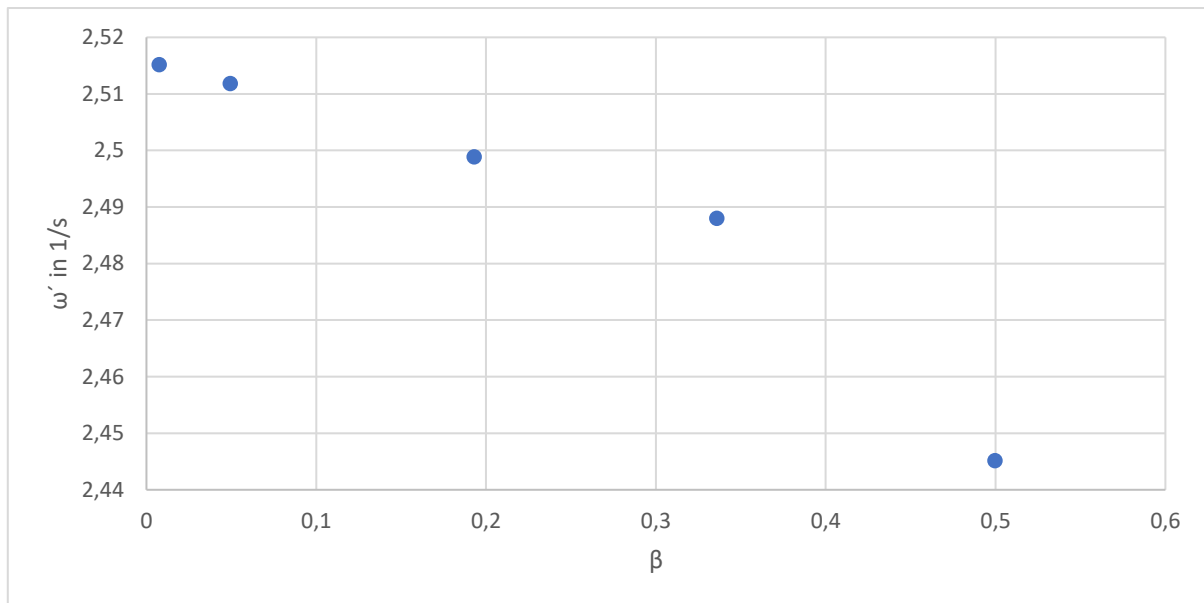


Abbildung 2: Versuch 01 Diagramm β in Abhängigkeit von ω' [1/s]

Hierbei wird sichtbar, dass sich die experimentell bestimmten ω' genauso verhalten, wie die durch die Formel (RE.6)

$$\omega' = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} \quad (2)$$

vorhergesagt.

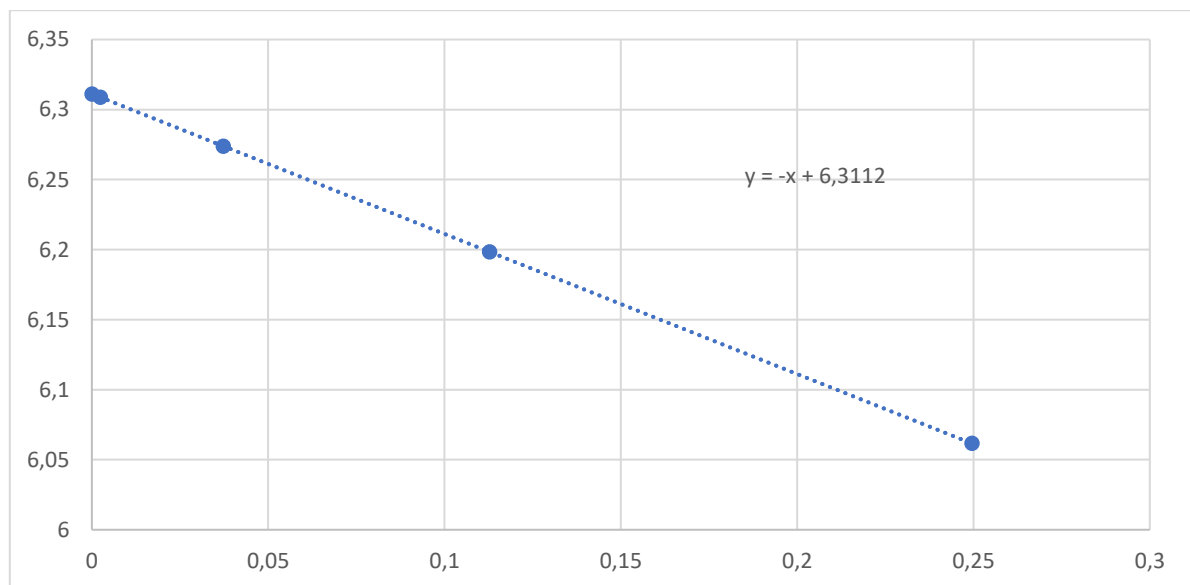


Abbildung 3: Versuch 01 Diagramm $(\omega'(b))^2$ in Abhängigkeit von b^2

Durch die Ausgleichsgerade durch die Messpunkte kann der Schnittpunkt mit der $(\omega'(b))^2$ -Achse bestimmt werden. Daraus ergibt sich $\omega_0 = 2,51221 \frac{1}{s}$. Der experimentell Bestimmte Wert $\omega_0 = 2,51519 \frac{1}{s}$.

Nun wird noch die fünf Weg-Zeit-Diagramme die Abklingskonstante $\beta(b)$ angeben.

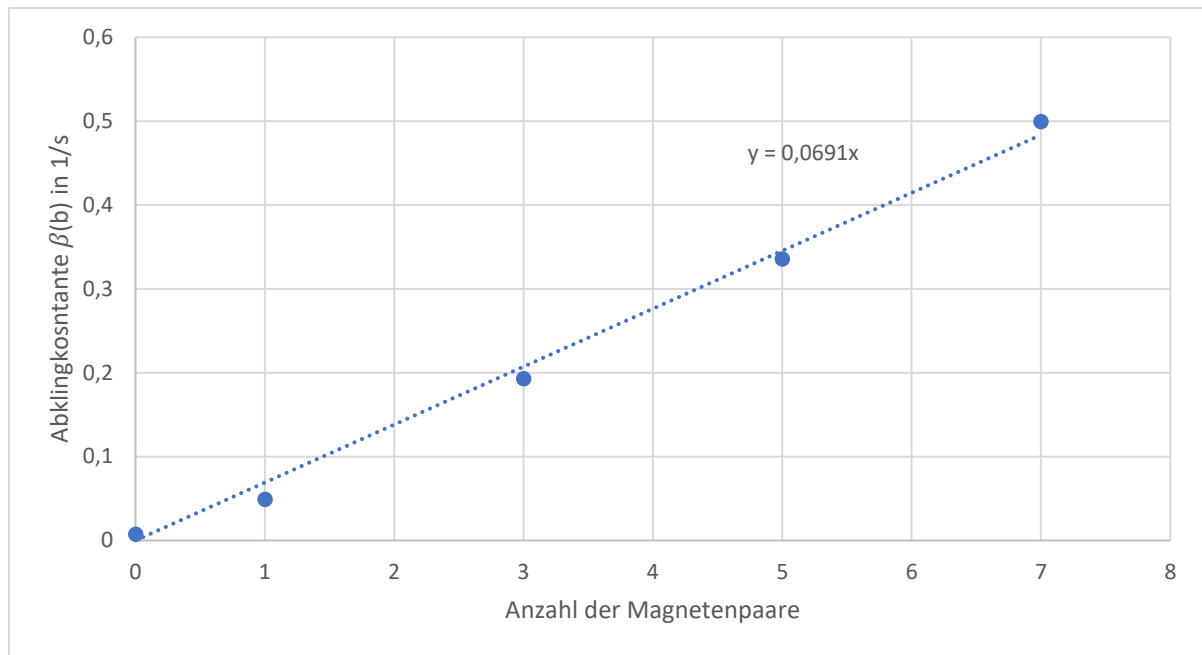


Abbildung 4: Versuch 01 Diagramm mit der Anzahl der Magnetenpaaren in Abhängigkeit zur Abklingkonstante $\beta(b)$ in 1/s

Die Ausgleichsgerade gibt sich zu $y = 0,0691x$.

Um einen aperiodischen Grenzfall hervorzurufen, muss das Federpendel, aufgrund der starken Dämpfung, schnellstmöglich in seine Ruhelage zurückkehren. Dies wird durch die Formel $\beta^2 = \omega_0^2$ beschrieben, welche der Versuchsanleitung entnommen wurde. Daraus ergibt sich:

$$\begin{aligned}
 \omega_0^2 &= \left(0,0691 \frac{1}{s} x\right)^2 \\
 \Leftrightarrow \omega_0 &= \left(0,0691 \frac{1}{s} x\right) \\
 \Leftrightarrow x &= \frac{\omega_0}{0,0691 \frac{1}{s}} \\
 \Rightarrow x &= \frac{2,51217 \frac{1}{s}}{0,0691 \frac{1}{s}} = 36,4
 \end{aligned}$$

Somit werden 37 Magneten benötigt, um einen aperiodischen Grenzfall hervorzurufen.

2.3 Versuch 1: erzwungene Schwingung

2.3.1 Beobachtung

b=1

T_{Motor} [s]	A_0 [m]=1/2 (max-min)	ΔT [s]
2,200	0,03025	0,970
2,250	0,03825	0,988
2,300	0,05225	1,039
2,350	0,06475	1,007
2,400	0,09875	1,012
2,450	0,14205	0,870
2,500	0,21255	0,634
2,550	0,17240	0,286
2,600	0,10465	0,168
2,650	0,07350	0,081
2,700	0,06525	0,080
2,800	0,04600	0,015
2,900	0,03775	0,018

Tabelle 3: Versuch 02 Messergebnisse mit b=1

b=5

T_{Motor} [s]	A_0 [m]=1/2 (max-min)	ΔT [s]
2,200	0,02025	0,700
2,250	0,02250	0,697
2,300	0,02490	0,673
2,350	0,15790	0,654
2,400	0,02760	0,623
2,450	0,03065	0,593
2,500	0,03165	0,551
2,550	0,03215	0,497
2,600	0,06535	0,452
2,650	0,03100	0,419
2,700	0,01853	0,375
2,800	0,02790	0,295
2,900	0,01540	0,237

Tabelle 4: Versuch 02 Messergebnisse mit b=5

2.3.2 Auswertung

Die Erregerfrequenz ω_e wird mit der Formel

$$\omega_e = \frac{2\pi}{T_{Motor}} \quad (3)$$

und die Phasenverschiebung mit der Formel

$$\Phi_0 = 2\pi \cdot \frac{\Delta T}{T_{Motor}} = \omega_e \cdot \Delta T \quad (4)$$

berechnet. Beide Formeln wurden der Versuchsanleitung (RE.11) entnommen. Mit den berechneten Werten lassen sich Diagramme zur Versuchsauswertung erstellen.

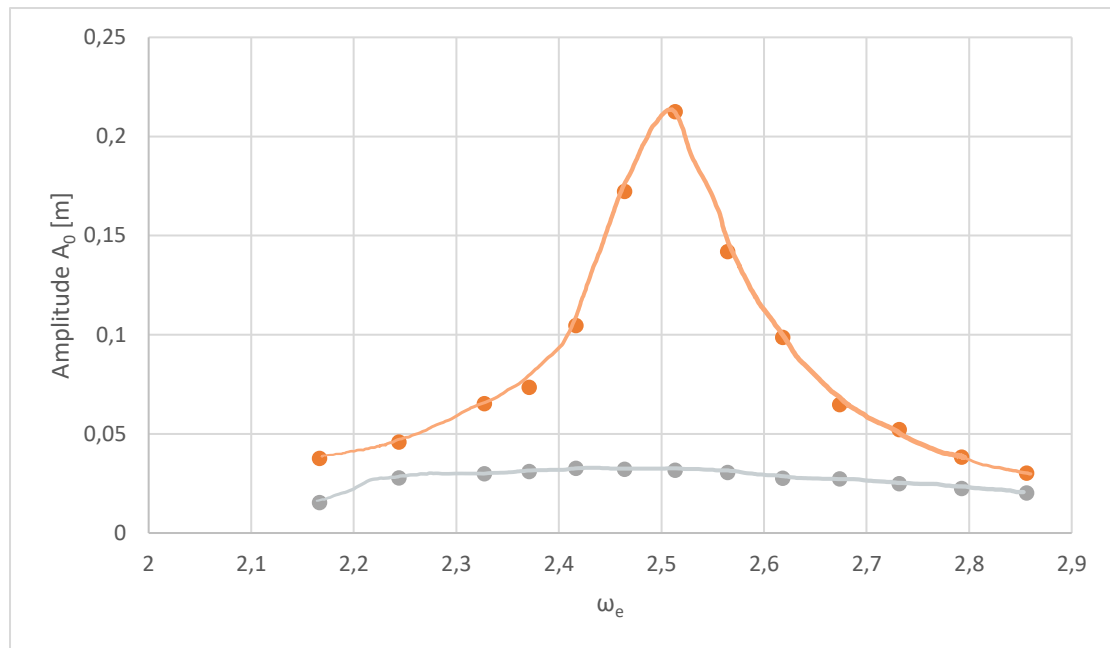


Abbildung 5: versuch 02 Diagramm ω_e in Abhängigkeit der Amplitude A_0 mit einem Magnetenpaar ($b=1$ in orange) und 5 Magnetenpaaren ($b=5$ in grau)

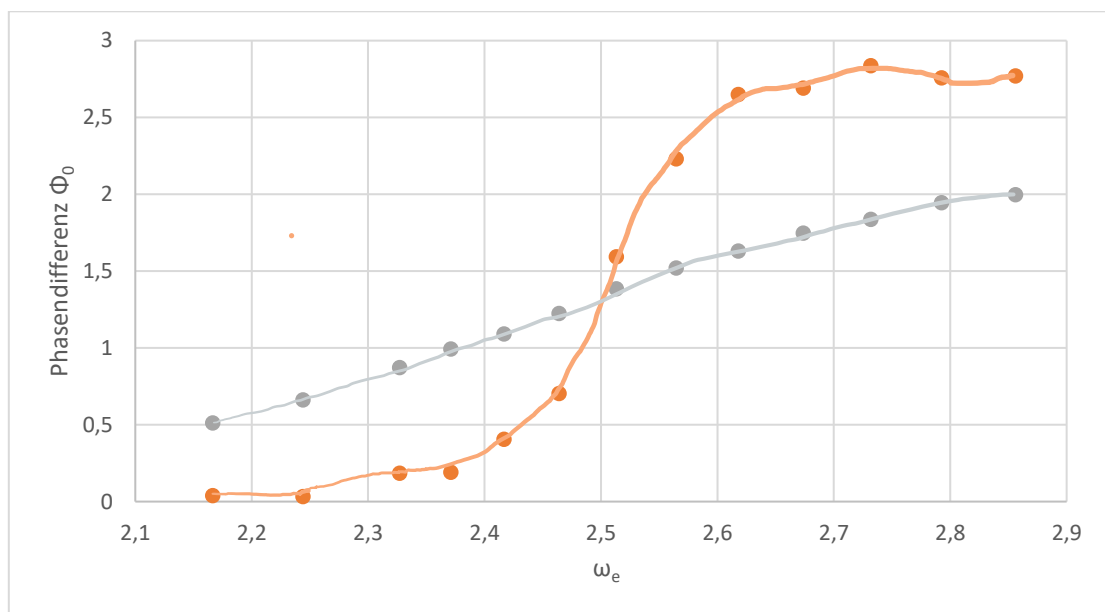


Abbildung 6: Versuch 02 Diagramm ω_e in Abhängigkeit der Phasendifferenz mit einem Magnetenpaar ($b=1$ in orange) und 5 Magnetenpaaren ($b=5$ in grau)

Die Diagramme zeigen, dass der Versuchsaufbau mit 5 Magnetpaaren das Federpendel deutlich stärker dämpft, als der mit nur einem.

Aus dem Diagramm lassen sich die Kreisfrequenzen der Resonanzstellen ablesen.

$$\omega_{R,abgelesen,1} = 2,51 \frac{1}{s}$$

$$\omega_{R,abgelesen,5} = 2,47 \frac{1}{s}$$

Um die Resonanzfrequenz rechnerisch zu bestimmen wird ω_R mit der Formel (RE.9)

$$\omega_R = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2} \quad (5)$$

verwendet. Die Ergebnisse hierfür werden aus Tabelle 2 entnommen.

$$\omega_{R,berechnet,1} = 2,51138 \frac{1}{s}$$

$$\omega_{R,berechnet,5} = 2,46522 \frac{1}{s}$$

Die Abweichungen zwischen abgelesenem und gerechnetem Wert der Resonanzfrequenzen sind auf Messunsicherheiten und -ungenauigkeiten zurückzuführen und liegen im zulässigen Bereich.

3. Fazit

Zu sehen ist, dass Versuch 01 zur freien, gedämpften Schwingung deutlich genauere Ergebnisse geliefert hat als die zu Versuch 02. Hinzu kommt das bei Versuch 02 zur erzwungenen Schwingung die Ergebnisse nur aus Diagrammen abgelesen wurden, wodurch ein hohes Maß an Ungenauigkeit entstehen kann. Um möglichst wenig Messunsicherheiten in den Ergebnissen zu präsentieren, sollten die Versuche mehrfach ausgeführt und der Mittelwert bestimmt werden.

4. Quellen

- Versuchsanleitung, Resonanz,
<https://pisrv1.am14.uni-tuebingen.de/praktikum/natprakt/anleitung/RE.pdf>, Stand
19.01.2023

5. Messwerte

Naturwissenschaftler-Praktikum Physikalisches Institut Tübingen

Name, Nachname:

Höhn, Gesa

Gruppe: 21

Datum: 19.1.23

Schmid, Elise

Betreuer: Tom von Schae

Versuch Resonanz

Aufgabe 1 (Freie, gedämpfte Schwingung)

Anzahl Magnetpaare	0	1	3	5	7
A [m]	0,24524	0,22642	0,17209	0,14142	0,09479
B	0,00752	0,04925	0,19292	0,33587	0,49954
C [s]	2,4981	2,5014	2,5144	2,5254	2,5696
D [m]	0,00310	0,00390	0,00654	0,00069	0,00062
Bestimmtheitsmaß r	1,00000	1,00000	0,9999	1,00000	1,00000

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 -0,0295 m Max 0,0310 m	0,97
2,25	Min -0,0385 Max 0,0380	0,988
2,3	Min -0,0520 Max 0,0525	1,039
2,35	Min -0,0630 Max 0,0665	1,007
2,4	Min -0,0970 Max 0,1005	1,012
2,45	Min -0,1403 Max 0,1438	0,870
2,5	Min -0,2093 Max 0,2158	0,634
2,55	Min -0,1688 Max 0,1750	0,286
2,6	Min -0,1003 Max 0,1080	0,168
2,65	Min -0,0705 Max 0,0765	0,081
2,7	Min -0,0635 Max 0,0670	0,080
2,8	Min -0,0430 Max 0,0490	0,015
2,9	Min -0,0345 Max 0,0410	0,018
3,0	Min Max	

Naturwissenschaftler-Praktikum Physikalisches Institut Tübingen

Name, Nachname:

Gesa Höhn

Gruppe: 21

Datum: 19.01.23

Elise Schmid

Betreuer: Tim von Schein

2,1	Min	
	Max	
	Min	
	Max	
	Min	
	Max	
	Min	
	Max	

b = 5		
$T_{Motor} [s]$	$A_0 [m] = \frac{1}{2} (max-min)$	$\Delta T [s]$
2,2	Min - 0,0185 Max 0,0220	0,700
2,25	Min - 0,0190 Max 0,0260	0,697
2,3	Min - 0,0215 Max 0,0283	0,673
2,35	Min - 0,0268 Max 0,0290	0,654
2,4	Min - 0,0273 Max 0,0315	0,623
2,45	Min - 0,0273 Max 0,0340	0,593
2,5	Min - 0,0296 Max 0,0343	0,551
2,55	Min - 0,0293 Max 0,0350	0,497
2,6	Min - 0,0295 Max 0,0387	0,452
2,65	Min - 0,0283 Max 0,0337	0,419
2,7	Min - 0,0255 Max 0,0345	0,375
2,8	Min - 0,0233 Max 0,0325	0,295
2,9	Min - 0,0230 Max 0,0285	0,237
	Min	
	Max	
	Min	
	Max	
	Min	
	Max	
	Min	
	Max	