Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler SS 26

RE – Resonanz

Gruppe: 21
Betreuer: Kurz, Kevin
Verfasser: [redacted]

Versuchsdatum: 09.07.2026
Abgabedatum: 14.07.2026
Abgabe: 1

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung und Zielstellung 3

2. Versuchsaufbau 3

3. Auswertung

3.1 Freie, gedämpfte Schwingung 4

3.2 Erzwungene Schwingung 7

4. Fazit 9

5. Anhang 10

1. Einführung und Zielstellung

Schwingungen begegnen uns täglich in verschiedenen Formen. Sie beschreiben Bewegungen, die sich nach einer bestimmten Periodendauer *T* wiederholen. Man unterscheidet zwischen freien und erzwungenen sowie zwischen gedämpften und ungedämpften Schwingungen. 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

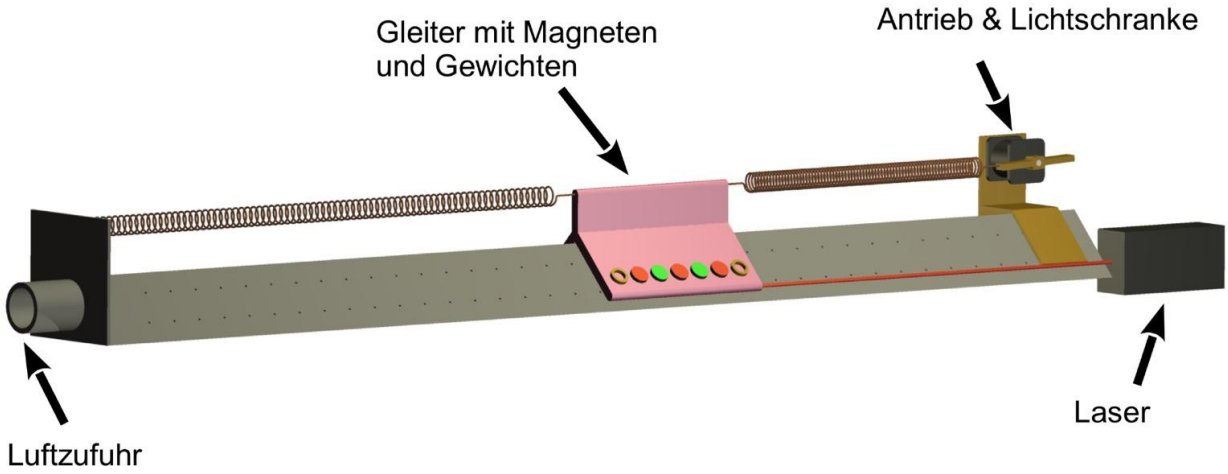


Abbildung 1: entnommen aus RE.4: Schema des im Versuch verwendeten Luftkissengleiters

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. Der Versuchsaufbau kann näherungsweise als Feder-Masse-System betrachtet werden. Die Federn sind an beiden Seiten fixiert, Die Masse des Gleiters wurde mithilfe von Messinggewichten konstant gehalten. 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 wurde die Anzahl der Magnetpaare variiert. 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

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

Anzahl Magnetpaare:	0	1	3	5	7
A [m]	0,21667	0,22871	0,2173	0,18643	0,16771
B [s^{-1}]	0,0076815	0,063135	0,23432	0,39371	0,51444
C [s]	2,4202	2,42730	2,43020	2,49370	2,54190
D [m]	0,00167	0,012695	0,0013914	0,00177	0,00068866
Bestimmtheitsmaß r:	0,9926	0,9920	0,9998	0,9968	0,9949

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

$$\omega_b' = \frac{2\pi}{T}$$

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

$$\omega_0' = \frac{2\pi}{2{,}42020} = 2{,}59614$$

Tabelle 2: Kreisfrequenz der gedämpften Schwingung in Abhängigkeit der Magnetpaare. Gerundet auf fünf Nachkommastellen

Magnetpaare	Kreisfrequenz in s^{-1}
0	2,59614
1	2,58855
3	2,58546
5	2,51962
7	2,47185

Aus der zweiten Tabelle kann man die berechneten Kreisfrequenzen ablesen.

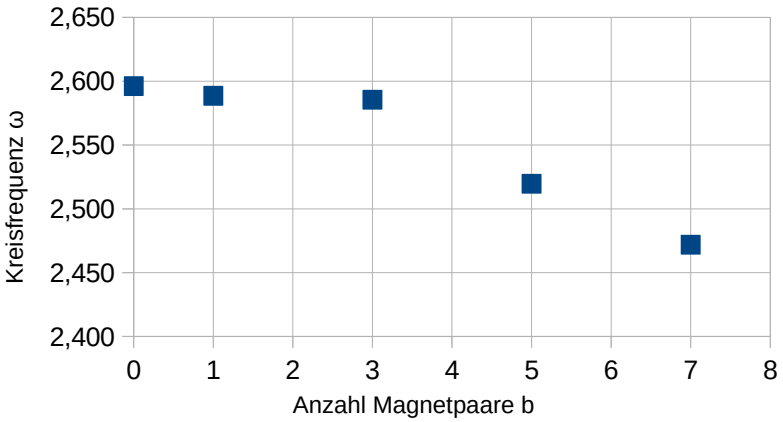


*Abbildung 2: Punkt- Diagramm, dass die Kreisfrequenz **ω** in Abhängigkeit zu den Magnetpaaren zeigt*

Die Kreisfrequenz nimmt mit zunehmender Dämpfung erwartungsgemäß ab. Lediglich der Messwert für drei Magnetpaare weicht geringfügig vom Trend ab. Obwohl der Messwert, wie auch die anderen Werte stärker fallen müsste, als der vorhergegangene Wert, ist es nur knapp weniger als unsere erste Messung (0 Magnetpaare).
Dies liegt vermutlich an einem Messfehler, bei dem unsere Kurve noch nicht perfekt angepasst war.

Aufgabe 2:
Zunächst werden die in Excel berechneten Werte in der folgenden Tabelle dargestellt:

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

Anzahl Magnetpaare	$\omega'(b)$	$\omega'(b)^2$ [$1/s^2$]	β	$\beta(b)^2$
0	2,59614	6,73995852	0,0076815	0,00005901
1	2,58855	6,70058661	0,063135	0,00398603
3	2,58546	6,68460430	0,23432	0,05490586
5	2,51962	6,34850296	0,39371	0,15500756
7	2,47185	6,11002257	0,51444	0,26464851

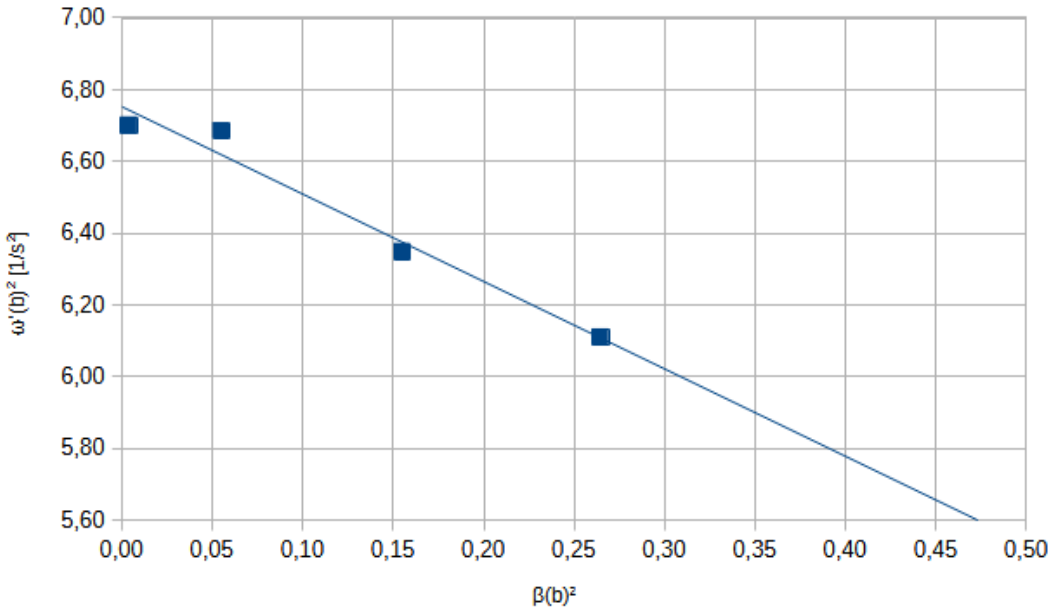


Abbildung 3: Ausgleichsgerade des Diagramms von $\omega'(b)^2$ und $\beta(b)^2$

In der zweiten Aufgabe muss man die Ausgleichsgerade der Messpunkte angeben.
Sie lautet: y= -2,43589x + 6,75235

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

$$\omega_0^2 = 6{,}75235$$
$$\omega_0 = 2{,}59853$$

Bei dem Experiment haben wir für $\omega_0 = 2{,}59614\ s^{-1}$ 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 Abklingkonstante $\beta(b)$ in 1/s genauer untersucht.

Tabelle 4: Anzahl Magnetpaare und Abklingungskonstante $\beta(b)$

Anzahl Magnetpaare	$\beta(b)$ [1/s]
0	0,0076815
1	0,063135
3	0,23432
5	0,39371
7	0,51444

Die Messwerte sieht man außerdem in folgendem Diagramm.

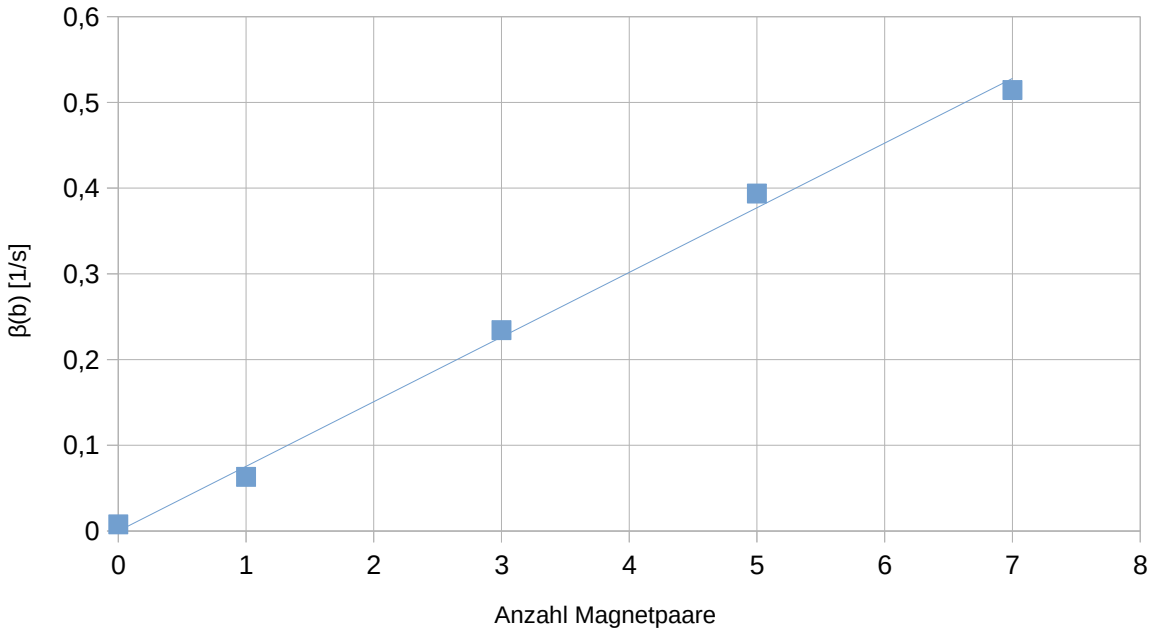


Abbildung 4: Diagramm Zusammenhang Magnetpaare und Abklingungskonstante $\beta(b)$ [1/s]

Die Ausgleichsgerade lautet: y = 0,07543x

Der aperiodische Grenzfall tritt auf, wenn das Federpendel durch die Dämpfung so schnell wie möglich in seine Ruhelage versetzt wird.

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

$$\omega_0^2 = (0{,}07543x)^2$$
$$\omega_0 = (0{,}07543x)$$
$$x = \frac{\omega_0}{0{,}07543} = \frac{2{,}59614}{0{,}07543} \approx 34{,}42$$

Man braucht insgesamt also 35 Magnetpaare, damit der beschriebene aperiodische Grenzfall auftritt.

3.2 Erzwungene Schwingung

Aufgabe 1:

In dieser Aufgabe sollen wir die Erregerfrequenz ω_e und die Phasenverschiebung Φ_0 berechnen.
Dies machen wir mit den Formeln:

$$\omega_e = \frac{2\pi}{T_{Motor}}$$

Beispielrechnung bei b=1: $\omega_e = \frac{2\pi}{2{,}2} = 2{,}85599\frac{1}{s}$

und

$$\phi_0 = 2\pi \cdot \frac{\Delta T}{T_{Motor}} = \omega_e \cdot \Delta T$$

Beispielrechnung bei b=1: $\phi_0 = 2\pi \cdot \frac{\Delta T}{T_{Motor}} = \omega_e \cdot 0{,}997 = 2{,}84743$

Beide Formeln wurden aus der Anleitung abgelesen.

Anschließend soll man zwei Diagramme erstellen, für b=1 und b=5, die den Versuch weiter auswerten.
Dabei ist b=1 Magnetpaar in orange dargestellt und b=5 Magnetpaare in blau.

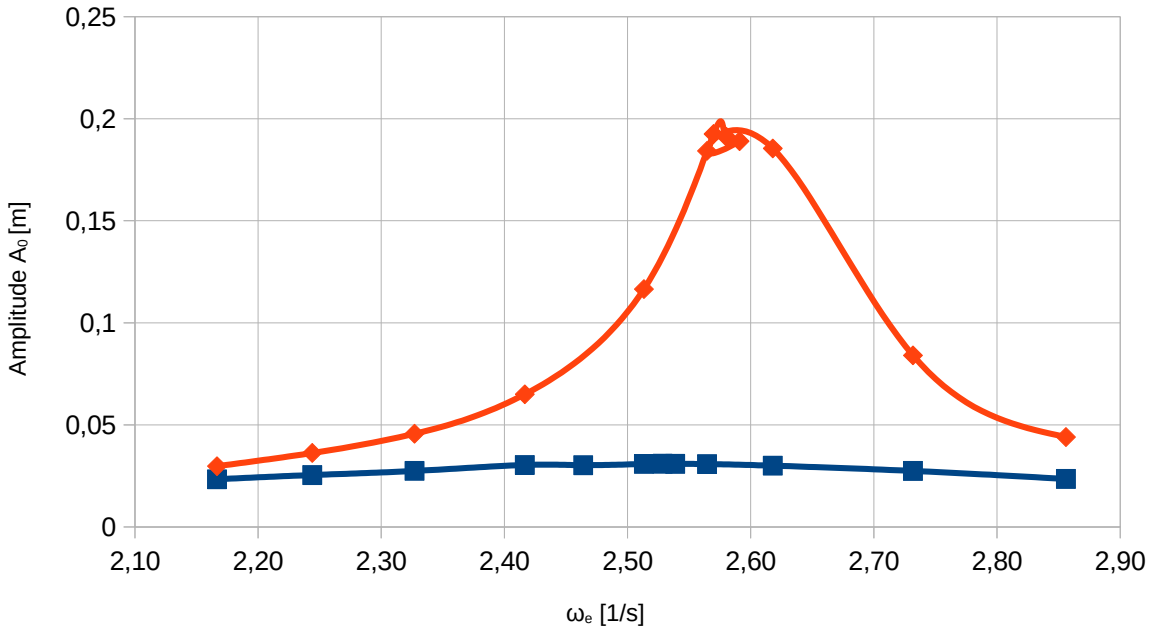


Abbildung 5: Erregerfrequenz ω_e in Abhängigkeit von der A_0

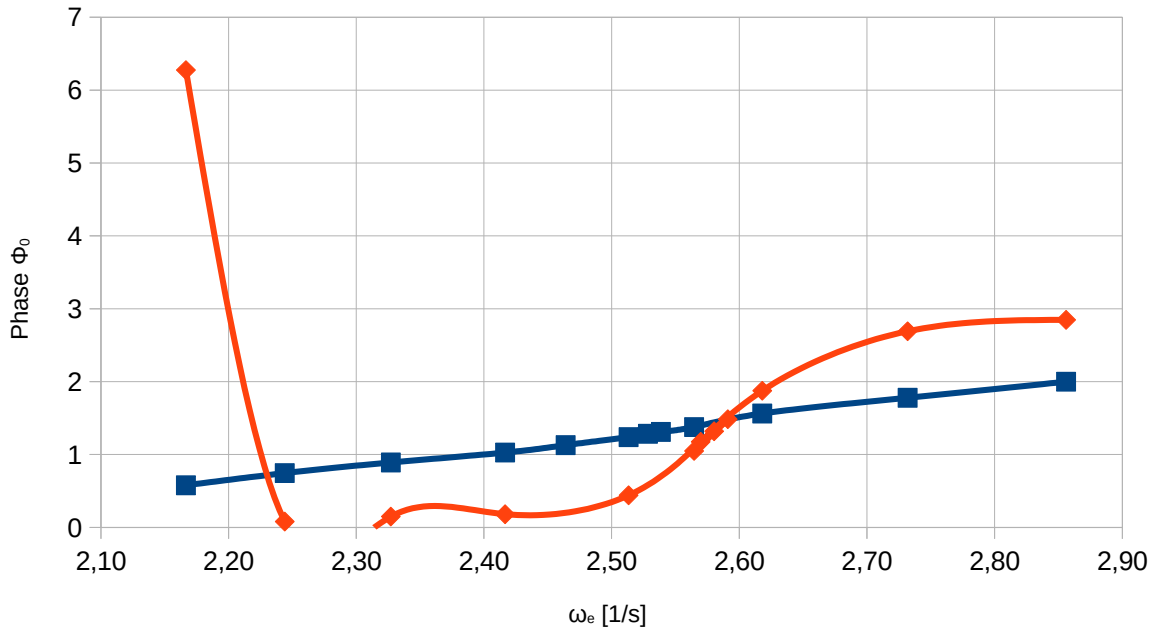


Abbildung 6: Phase Φ_0 in Abhängigkeit von Erregerfrequenz ω_e

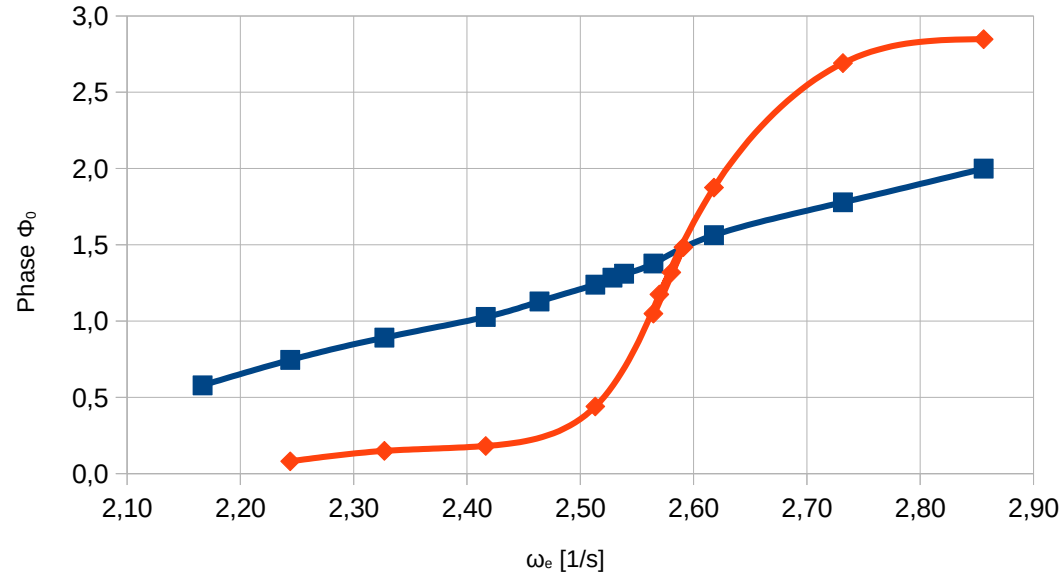


Abbildung 7: Phase Φ_0 in Abhängigkeit von Erregerfrequenz ω_e; ohne Messpunkt T_{Motor}=2,9

Man erkennt, das 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.

Durch ein Missverständnis und Unaufmerksamkeit unserer Seite, kam es dazu, dass wir anstatt den in der Aufgabe gefragten 0,05 Schritten 0,005 Schritte gemacht haben. Dies scheint glücklicherweise nur der den ersten Graphen beeinflusst zu haben. Zudem gab es einen Ausreißer Messwert weswegen wir einen weiteren Graphen (Abb. 7), ohne gemacht haben.

Aufgabe 2:

In der letzten Aufgabe soll man aus den Diagrammen die Kreisfrequenz der Resonanzstelle ablesen. Diese soll mit der rechnerischen Variante der Kreisfrequenz verglichen werden.
Die abgelesene Resonanzen lauten:

$$1.\ \omega_{Resonanz,1,abgelesen} = 2{,}58\,\frac{1}{s}$$

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

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

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

ω_0 und β(b) werden hierbei aus Tabelle 3 entnommen werden.

$$1.\ \omega_{Resonanz,1,ausgerechnet} = \sqrt{2{,}58855^2 - 2\cdot(0{,}063135)^2} \approx 2{,}58701\ \frac{1}{s}$$

$$2.\ \omega_{Resonanz,5,ausgerechnet} = \sqrt{2{,}51962^2 - 2\cdot(0{,}39371)^2} \approx 2{,}45733\ \frac{1}{s}$$

Man erkennt das die abgelesenen Werte kaum von den ausgerechneten Werten für die Kreisfrequenz abweichen. Dabei ist der Wert für b=1 Magnetpaare deutlich präziser, als der für fünf Magnetpaare.4

4. Fazit

Zusammengefasst kann man sagen, dass der Versuch trotz dem Fehler bei der Messung der Daten beim erzwungene Schwingung Experiment, absolviert werden konnte. Beim ersten Versuchsteil gibt es eine kleine Abweichung beim dritten Wert, der etwas niedriger sein sollte als er ist. Dennoch sehen die Graphen und die restlichen Werte aus wie erwartet, wenn man sich die Formeln angeschaut und überlegt wie die Graphen verlaufen sollen.
Kleine Abweichungen können allgemein durch Messfehler, Ablesefehler und auch durch nicht perfekte Umgebungsbedingungen, wie beispielsweise keine hundertprozentige Reibungsfreie Schiene, gegeben sein.

5. Anhang

Messwerttabelle Versuch Resonanz

Name, Nachname: [redacted] Nr. Gruppe: 21 Datum: 09.07.26

[redacted] Unterschrift Betreuer/in: [signature]

Aufgabe 1 (freie, gedämpfte Schwingung)

Anzahl Magnetpaare:	0	1	3	5	7
A /m:	0,21667	0,22871	0,2173	0,18643	0,16771
B /1/s:	0,0076815	0,063135	0,23432	0,39371	0,51444
C /s:	2,4202	2,4273	2,4302	2,4937	2,5419
D /m:	0,001668	0,0012695	0,0013914	0,00177	0,00068866
Bestimmtheitsmaß *r*:	0,9926	0,9920	0,9998	0,9968	0,9949

Aufgabe 2 (erzwungene Schwingung, jew. mind. 12 Messwerte)

Magnetpaare: b = 1			Magnetpaare: b = 5		
T_{Motor} /s	A_0/m	ΔT/s	T_{Motor} /s	A_0/m	ΔT/s
2,2	0,044057	0,997	2,2	0,02351	0,700
2,3	0,084047	0,985	2,3	0,027425	0,651
2,4	0,18541	0,716	2,4	0,030005	0,597
2,5	0,11653	0,175	2,5	0,030856	0,493
2,6	0,064986	0,075	2,6	0,030359	0,425
2,7	0,045651	0,064	2,7	0,027445	0,383
2,8	0,036227	0,036	2,8	0,025434	0,332
2,9	0,029754	2,896	2,9	0,023341	0,267
2,45	0,18425	0,409	2,55	0,030251	0,458
2,425	0,18899	0,573	2,45	0,030783	0,537
2,435	0,19110	0,511	2,475	0,030913	0,516
2,445	0,19253	0,457	2,485	0,030987	0,508

0,005 statt 0,05 Schritte

Bemerkungen: