

Protokoll:

[RE] Resonanz

Betreuer: Lukas Wolz

Studiengang: Medizintechnik

Erstellt am: 19.02.2019

1. Einleitung

Jedes Objekt in unserer Umgebung besitzt seine eigene Schwingung. Der Versuch stellt die unterschiedlichen Faktoren in Verbindung. Die Bedeutung einer erzwungenen bzw. freien Schwingung wird erforscht und Resonanzen, sowie weitere charakteristische Faktoren einer Schwingung gemessen und errechnet.

2. Versuchsaufbau

Der Versuch stellt ein Federpendel dar. D.h. 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. Mit Lichtschranke, Messgerät und einem Programm 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. Es ist hinzuzufügen, dass unsere Schiene nicht mit ausreichend Luft versorgt wurde, wodurch neben der magnetischen Dämpfung eine nicht zu vernachlässigende Reibung entstand. Aufgrund dessen musste der 2. Versuch abgeändert durchgeführt werden

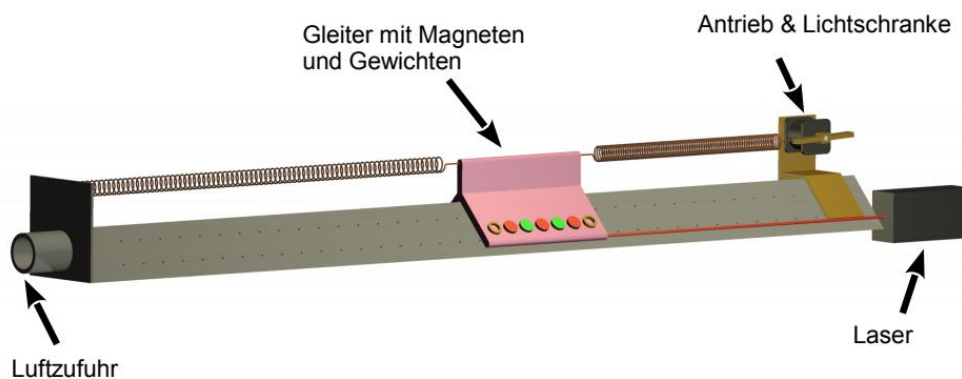


Abbildung 1: Quelle: RE.4: Schema des im Versuch verwendeten Luftkissengleiters.

3. Auswertung

Zur freien, gedämpften Schwingung:

1. Zunächst muss ω_0 der ungedämpften Schwingung berechnet werden.

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{2,4995s} = 2,51377Hz$$

$$\omega = 2\pi f \text{ mit } f = \frac{1}{T} \text{ (Tabelle RE. 1)}$$

Nun berechnet man die ω_b' zugehörigen b mit der Formel:

$$\omega_b' = \sqrt{\omega_0^2 - \beta_b^2} \text{ (RE.6)}$$

$$\omega'(0) = \sqrt{(2,513777Hz)^2 - (0,10518Hz)^2} = 2,51158Hz$$

$$\omega'(1) = \sqrt{(2,513777Hz)^2 - (0,12281Hz)^2} = 2,5078Hz$$

$$\omega'(3) = \sqrt{(2,513777Hz)^2 - (0,20355Hz)^2} = 2,50552Hz$$

$$\omega'(5) = \sqrt{(2,513777Hz)^2 - (0,83669Hz)^2} = 2,37045Hz$$

$$\omega'(7) = \sqrt{(2,513777Hz)^2 - (1,4161Hz)^2} = 2,07695Hz$$

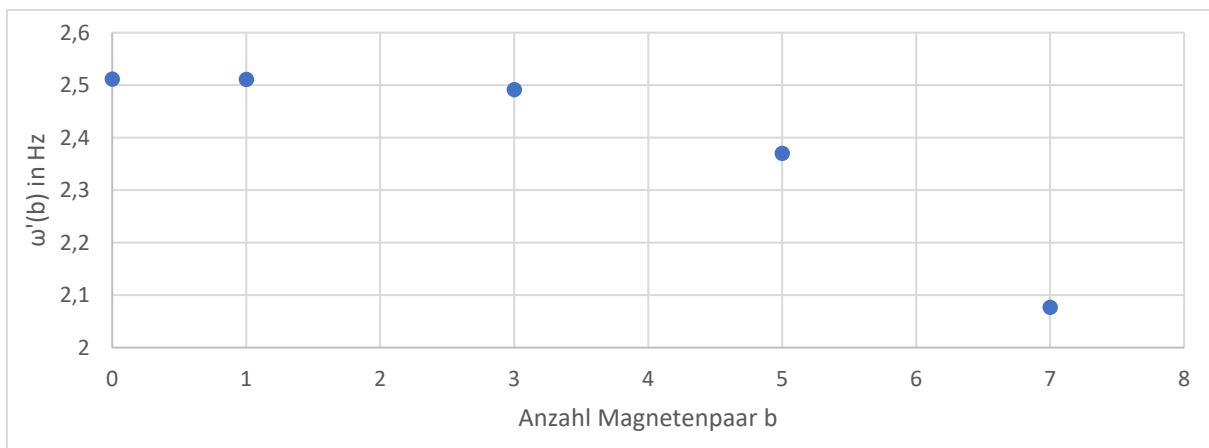


Abbildung 2: $\omega'(b)$ bezogen auf b

Die Werte entsprachen größten Teils den Erwartungen, da mit Erhöhung der Magnete ein Abfall der Kreisfrequenz zu vermerken ist. Allerdings liegen $\omega'(1)$ und $\omega'(3)$ unerwartet nah beieinander, und brechen somit aus der Reihe aus. Eine Erklärung für dies könnte an der Versuchsdurchführung liegen. (siehe 4. Fehlerauswertung)

2.

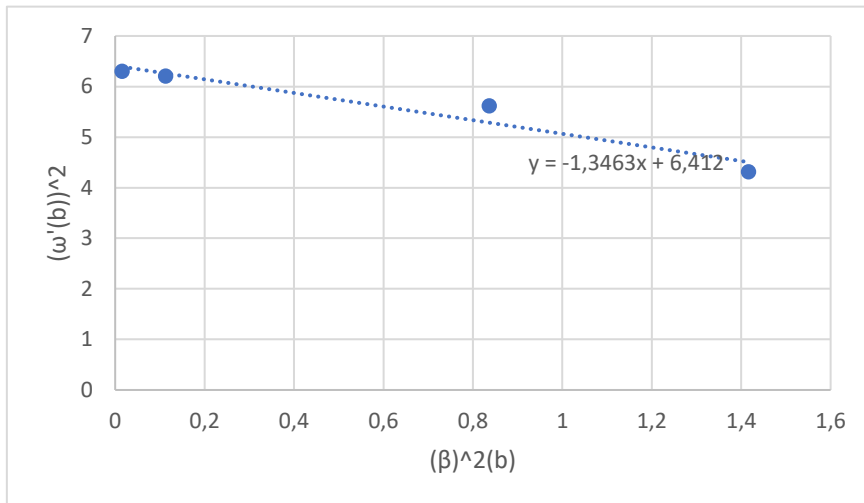


Abbildung 3: Ausgleichsgerade

Der Schnittpunkt mit der $(\omega'(b))^2$ Achse liegt bei $6,412\text{Hz}^2$.

$$\omega_0^b = (6,412\text{Hz}^2)^{1/2} = 2,53219\text{ Hz}$$

$\omega_0 = 2,51377\text{ Hz}$. Die Ähnlichkeit der Werte ist deutlich zu erkennen. Daraus lässt sich Abschätzen wie genau die einzelnen Messwerte zusammenpassen und wie gut man diese erfasst hat.

3.

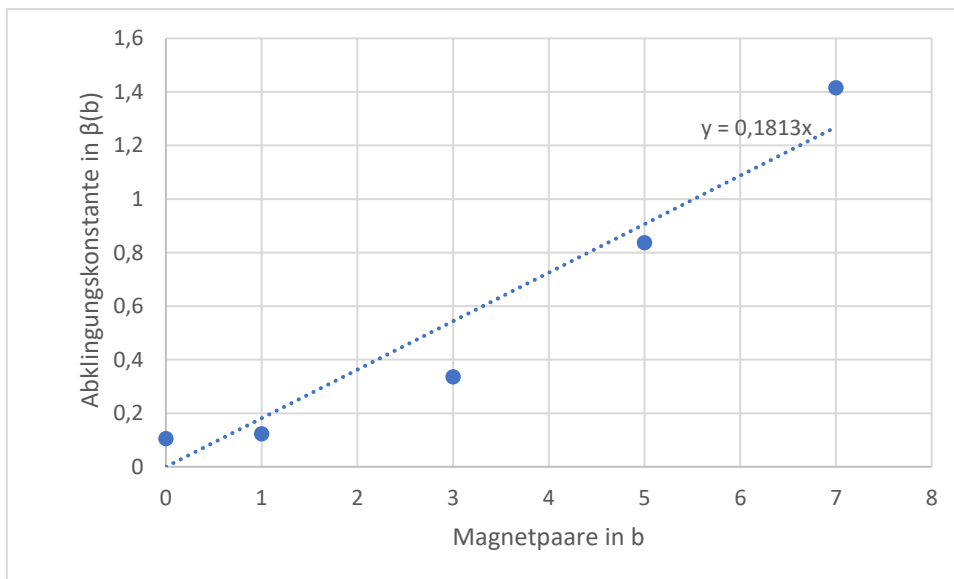


Abbildung 4: Ausgleichsgerade $\beta(b)$

Die Gerade lautet $y=0,183\frac{Hz}{b}x$

Um einen aperiodischen Grenzfall hervorzurufen muss folgendes gelten:

$$\beta^2 = \omega_0^2 \text{ (RE Anleitung 3 Fälle DGL)}$$

$$0,1813\frac{Hz}{b}x = 2,573777Hz$$

$$x \approx 14$$

Somit werden ca. 14 Magnete benötigt um den Aperiodischen Grenzfall hervorzurufen

Zur erzwungenen Schwingung:

1.

Um ω_0 und ϕ_0 ausrechnen zu können werden folgende Formeln benötigt:

$$\omega_e = \frac{2\pi}{T_{motor}} \text{ (RE.11)}$$

$$\phi_e = \omega_e \cdot \Delta T \text{ (RE.11)}$$

Tabelle 1: Mit b=5 Magnetpaaren und zwei
Messingpaaren weniger als in der Anleitung
vorausgesetzt.

Tmotor [s]	A0 [m]	ΔT [s]	ω_e [Hz]	ϕ_0
2,2	0,02225	0,521	2,85599	1,48797
2,3	0,02475	0,467	2,73182	1,27576
2,35	0,02525	0,445	2,6737	1,1898
2,4	0,0251	0,406	2,61799	1,0629
2,45	0,0259	0,368	2,56457	0,94376
2,5	0,02525	0,337	2,51327	0,84697
2,55	0,0245	0,304	2,46399	0,74905
2,6	0,02525	0,335	2,41661	0,80956
2,65	0,02325	0,235	2,37101	0,55719
2,7	0,024	0,266	2,32711	0,61901
2,8	0,0214	0,155	2,24399	0,34782
2,9	0,0198	0,11	2,16662	0,23833

Tabelle 2: mit b=1 Magnetpaaren und zwei Messingpaaren weniger als in der Anleitung vorausgesetzt.

Tmotor [s]	A0 [m]	ΔT [s]	ω_e [Hz]	ϕ_0
2,2	0,06615	0,906	2,85599	2,58753
2,25	0,0953	0,88	2,79253	2,45743
2,3	0,15455	0,765	2,73182	2,08984
2,35	0,18625	0,489	2,6737	1,30744
2,4	0,13475	0,241	2,61799	0,63094
2,45	0,09315	0,131	2,56457	0,33596
2,5	0,06515	0,065	2,51327	0,16336
2,55	0,0554	0,064	2,46399	0,1577
2,6	0,0459	2,598	2,41661	6,27835
2,7	0,0358	2,648	2,32711	6,16219
2,8	0,0294	2,71	2,24399	6,08121
2,9	0,02525	2,78	2,16662	6,0232

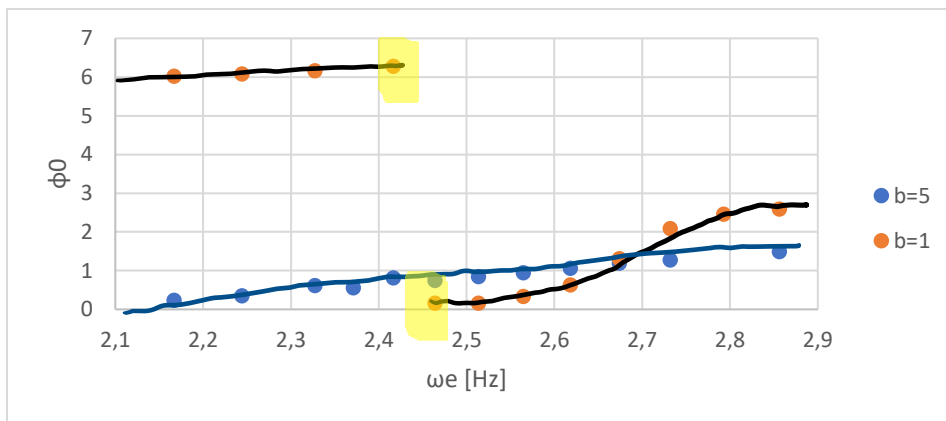


Abbildung 5: ϕ_0 auf ω_e [Hz]

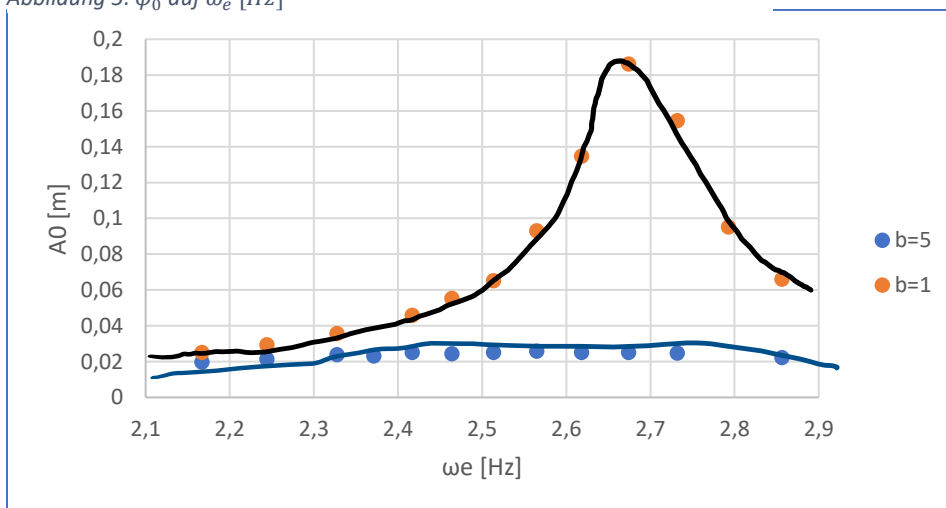


Abbildung 6: A_0 [m] auf ω_e [Hz]

2.

Abgelesene Resonanzstellen:

$$\omega_{R,abgelesen}(1) = 2,67\text{Hz}$$

$$\omega_{R,abgelesen}(5) = 2,56\text{Hz}$$

Nun wird die Formel der Resonanzfrequenz mit höchster Amplitude der freien, ungedämpften Schwingung benötigt.

$$\omega_R = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2} \quad (\text{RE.9})$$

ω_0 und β werden aus der Tabelle des ersten Versuchsteils abgelesen.

$$\omega_R(1) = \sqrt{(2,51378\text{Hz})^2 - 2 \cdot (0,12281\text{Hz})^2} = 2,50777\text{Hz}$$

$$\omega_R(5) = \sqrt{(2,51378\text{Hz})^2 - 2 \cdot (0,83669\text{Hz})^2} = 2,21788\text{Hz}$$

Wir haben das ω_0 des ersten Versuchsteils für die Rechnungen verwendet. Allerdings wurde die

Masse des Gleiters verändert und somit auch ω_0 da gilt: $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$.

somit kommt es zu massiven Abweichungen zu den aus dem zweiten Versuchsteil abgelesenen Resonanzstellen.

4. Fehlerauswertung

Gleich zu Anfang hat sich herausgestellt, dass zu viele Schienen in Reihe geschaltet wurden und somit die Luftzufuhr zu unserer Schiene geringer war.

Dies hatte den Effekt, dass die Reibung zwischen Gleiter und Schiene erhöht war.

Folgen auf den ersten Versuch waren somit das mit Steigender Magneten Anzahl die Kreisfrequenz ω' einen größeren Abfall darstellte als bei den anderen Versuchsapparaten (auch in Abb. 2 erkennbar).

Der zweite Versuchsteil konnte daher nicht wie in der Anleitung angegeben absolviert werden.

Aufgrund dessen wurden zwei Messingringpaare entfernt und somit eine Veränderung der Masse des Gleiters hervorgerufen. Grundsätzlich war somit die $b=1$ Kurve in Abb. 8 & 9 ausgeprägter als normal. Allerdings war die Reibung bei $b=5$ wieder so ausgeprägt, dass der Gleiter sich schwerfälliger bewegt hat und die Kurve weniger prägnant wurde.

Der größte Fehler entstand durch einen Messfehler des Geräts. ΔT macht einen massiven Sprung (siehe Tabelle 2 und Abbildung 8 gelb markiert).

Trotz alledem konnten Ähnlichkeiten herausgefunden werden und Zusammenhänge geschlossen werden. Die Messwerte weichen allerdings teils stark ab.

5. Anhang

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	startwert fit, periodendauer			Fitkonstanten:		A	B		C	D	
2						Amplitude	Dämpfungskonstante		Periode	Korrektur der Nullhöhe	
3											
4											
5	Anzahl der Magneten	T/s	A	B	C	D	r	w'			w0
6		0	2,49	0,31316	0,10518	2,4995	0,0046684	0,9933	2,51157547		2,51377688
7		1	2,689	0,30818	0,12281	2,5267	0,0041408	0,9973	2,51077516		
8		3	2,591	0,20355	0,33553	2,5488	0,0036697	0,9981	2,49128357		
9		5	2,544	0,16228	0,83669	2,8054	0,00092451	0,9958	2,37044807		
10		7	2,805	0,16318	1,4161	3,9197	-0,0089229	0,999	2,07695329		
11											
12											
13	folgende Messungen sind mit verringertem Gewicht erfolgt (mit 2 Messingringpaaren weniger)										
14	Mit 5 Magnetpaaren:										
15	T-Motor	A-Max	A-Min (-)	delta T	AO						
16		2,2	0,0245	0,02	0,521	0,02225					
17		2,3	0,027	0,0225	0,467	0,02475					
18		2,35	0,029	0,0215	0,445	0,02525					
19		2,4	0,0277	0,0225	0,406	0,0251					
20		2,45	0,03	0,0218	0,368	0,0259					
21		2,5	0,0275	0,023	0,337	0,02525					
22		2,55	0,0275	0,0215	0,304	0,0245					
23		2,6	0,0277	0,0228	0,335	0,02525					
24		2,65	0,0277	0,0188	0,235	0,02325					
25		2,7	0,027	0,021	0,266	0,024					
26		2,8	0,024	0,0188	0,155	0,0214					
27		2,9	0,0223	0,0173	0,11	0,0198					
28	folgende Messungen sind mit verringertem Gewicht erfolgt (mit 2 Messingringpaaren weniger)										
29	Mit 1 Magnetpaar										
30	T-Motor	A-Max	A-Min (-)	delta T	A						
31		2,2	0,071	0,0613	0,906	0,06615					
32		2,25	0,0998	0,0908	0,88	0,0953					
33		2,3	0,1598	0,1493	0,765	0,15455					
34		2,35	0,192	0,1805	0,489	0,18625					
35		2,4	0,1405	0,129	0,241	0,13475					
36		2,45	0,0978	0,0885	0,131	0,09315					
37		2,5	0,0695	0,0608	0,065	0,06515					
38		2,55	0,06	0,0508	0,064	0,0554					
39		2,6	0,0505	0,0413	2,598	0,0459					
40		2,7	0,0403	0,0313	2,648	0,0358					
41		2,8	0,034	0,0248	2,71	0,0294					
42		2,9	0,03	0,0205	2,78	0,02525					
43											

Messergebnisse des RE Versuchs. Im 2. Teil verändertes Gewicht des Gleiters.