

Versuch M12 - 624568

Date: 2023-05-08

Tags: M12

Created by: Samuel Brinkmann

Versuch M12: Saitenschwingungen

Zuerst tragen Sie ganz oben in der "Title" Zeile hinter "Versuch M12" ihre Matrikelnummern ein.

Ab hier befüllen Sie bitte alle blau markierten Textfelder, die Tabellen und ersetzen Sie die Platzhalter Grafiken entsprechend.

	Matrikelnummer
Person 1:	624568
Person 2:	626758

1. Rohdaten: Aufnahme der Anregungsfrequenzen

Erzeugen Sie keine Zugspannungen von mehr als $M = 3(\text{kg})$; d.h. maximal 1kg in Kerbe 3

1.1. Untersuchung der Resonanzfrequenz für $n = 1$ bis $n = 7$ bei fester Saitenlänge ($L = 0,6\text{m}$) und fester Zugspannung (Belastung mit kg 1 in Kerbe 3 des Lasthebels)

Hierbei wird exemplarisch die Lage von Knoten und Bäuchen für die 1. Oberschwingung ($n = 2$) bestimmt

Tab.1: Anregungsfrequenzen, bei denen Resonanz auftritt (Zugspannung von 3kg)

n	f_n^A (in Hz)
1	83,27
2	165,9
3	248,1
4	330,7
5	413,8

6	497,3
7	580,2

Tab.2: Position der Knoten P_K und Bäuche P_B

	n = 2
$P_K(\text{cm})$	~ 0
$P_B(\text{cm})$	15,0
$P_K(\text{cm})$	30,0
$P_B(\text{cm})$	-
$P_K(\text{cm})$	-

1.2. Untersuchung der Resonanzfrequenz für n = 1 bis n = 7 bei fester Saitenlänge (L= 0,6m) und zwei weiteren Zugspannungen

Tab.3: Anregungsfrequenzen, bei denen Resonanz auftritt (Zugspannung von $M = 2(\text{kg})$)

n	f_n^A
1	64,17
2	129,1
3	194,2
4	259,2
5	326,5
6	392,7
7	459,3

Tab.4: Anregungsfrequenzen, bei denen Resonanz auftritt (Zugspannung von $M = 1(\text{kg})$)

n	f_n^A
1	46,06

2	92,57
3	140,1
4	187,1
5	234,5
6	283,0
7	331,8

1.3. Untersuchung der Grundfrequenz für unterschiedliche Saitenlängen

Bei einer Zugspannung von 3 kg werden 8 verschiedene Seillängen untersucht.

Ausgehend von $f_n = \frac{c}{2L} \cdot n$ werden diese Längen gewählt.

Tab.5: Längenabhängigkeit der Grundfrequenz (Zugspannung von $M = 3(\text{kg})$)

$L(\text{cm})$	f_1^A
20	250,3
25	199,5
30	164,5
40	123,3
45	109,5
50	98,61
55	87,72
65	74,80

1.4. Untersuchung der Grundfrequenz für unterschiedliche Zugspannungen

Bei einer Saitenlänge $L = 60(\text{cm})$ werden 8 verschiedene Zugspannungen (die Werte für 1kg, 2kg und 3kg wurden aus den oberen Tabellen übernommen) untersucht.

Ausgehend von $f_n^{trans} = \frac{n}{2L} \cdot \sqrt{\frac{F_0}{\mu}}$ werden diese Zugspannungen gewählt.

Tab.6: Abhängigkeit der Grundfrequenz von der Zugspannung ($L = 60(\text{cm})$)

$M(\text{kg})$	f_1^A	genutzte Massenstücke	Übersetzungsfaktor
0,5	32,43	2x50g, 2x200g	1
1	46,06	2x50g, 2x200g, 1x500g	1
1,5	59,83	2x50g, 2x200g	3
1,8	61,38	2x50g, 1x100g, 1x200g, 1x500g	2
2	64,17	2x50g, 2x200g, 1x500g	2
2,4	74,70	2x50g, 1x200g, 1x500g	3
2,7	78,86	2x50g, 1x100g, 1x200g, 1x500g	3
3	83,27	2x50g, 2x200g, 1x500g	3

1.5. Unsicherheiten

Die Unsicherheit der Frequenzen des Frequenzgenerators werden mit $u_{f_n^A} = (0.001 \cdot f_n^A + 0.15 \text{Hz})(\text{in Hz})$ abgeschätzt.

Der Zusammenhang zwischen der Anregerfrequenz f_n^A und der Resonanzfrequenz f_n ergibt sich aus dem Versuchsaufbau (siehe Abschnitt 3) wie folgt: $f_n = 2 \cdot f_n^A$.
Somit folgt mit der Gauß'schen Fehlerfortpflanzung $u_{f_n} = 2 \cdot u_{f_n^A}$.

Für Abschnitt 4.3 ergibt sich für $1/f_1$ mit der Gauß'schen Fehlerfortpflanzung die Unsicherheit $u_{1/f_1} = 1/f_1^2 \cdot u_{f_1}$.

Für Abschnitt 4.4 ergibt sich für f_1^2 mit der Gauß'schen Fehlerfortpflanzung die Unsicherheit $u_{f_1^2} = 2f_1 \cdot u_{f_1}$.

2. Theorie

2.1. Was sind die Ziele des Versuchs?

1	Bestimmung der Grundschiwingung, Phasengeschwindigkeit und linearen Massendichte einer stehenden Transversalwelle
2	Überprüfung der Lage der Schwingknoten einer stehenden Transversalwelle
3	Überprüfung der Abhängigkeit der Resonanzfrequenz von der Saitenlänge und Zugspannung einer stehenden Transversalwelle

2.2. Motivation

Im folgenden werde ich zur Erklärung grundlegender Begriffe und Formeln, durch Anführungszeichen gekennzeichnet, Formulierungen aus der Versuchsanleitung "M12 Seitenschwingung" (Download vom 14/05/23) nutzen.

Wir betrachten im folgenden Versuch eine Transversalwelle, die Auslenkung erfolgt senkrecht zur Ausbreitungsrichtung, welche zwischen zwei festen Enden eingespannt ist, d.h. sie wird an diesem reflektiert und invertiert. "Überlagerung von kontinuierlich einlaufenden Wellen mit den reflektierten Wellen kann zu stehenden Wellen führen, wenn die richtigen Rahmenbedingungen gegeben sind. Aufgrund des Superpositionsprinzips addieren sich Wellen. Dies geschieht auch, wenn eine Welle zwischen zwei Enden immer wieder hin- und her-reflektiert wird. Für bestimmte Abhängigkeiten der Gesamtlänge L von der Wellenlänge λ kommt es zur Resonanz. Hierbei treten orts-festen Knoten und Bäuche auf und das System schwingt mit Amplituden, die ortsabhängig sind. An den Knoten schwingt die Saite nicht, an den Bäuchen maximal. Bei Reflexion am festen Ende gibt es an der Stelle der Reflexion einen Knoten, am losen Ende einen Bauch, wie Abb.[1] zeigt." Für uns ist wie bereits am Anfang erwähnt nur die Welle an zwei festen Enden (in der Abb.1 Teil a)) in diesem Versuch interessant.

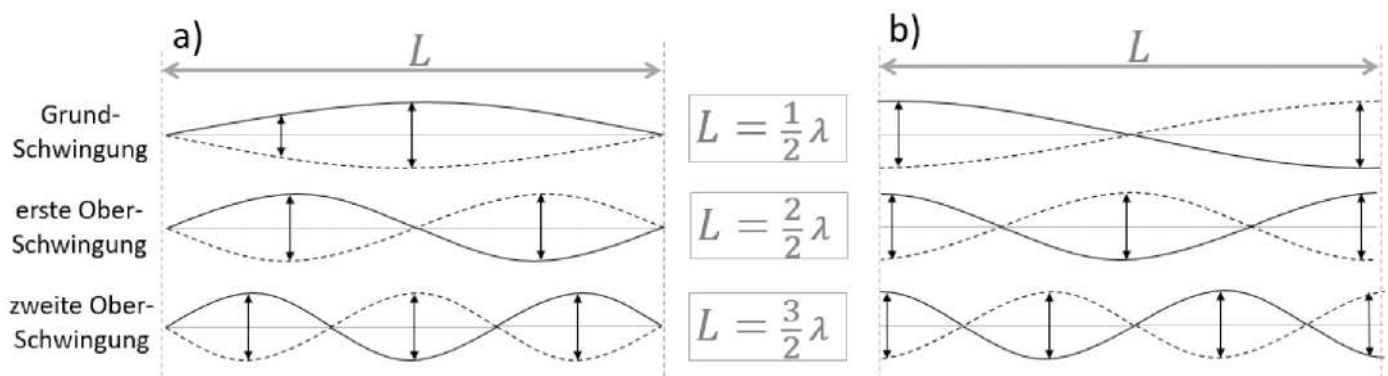


Abb.1: Stehwellen für die Grundfrequenz und die erste und zweite Oberschwingung im Fall von beidseitig festen Enden a) bzw. beidseitig losen (offenen) Enden b)

Eine Zusammenfassung der zu betrachtenden Größen im Protokoll:

- Länge L der schwingenden Saite
- Zugspannung/spannende Masse M der Saite
- Ordnung der Oberschwingungen/Schwingungsmoden n der stehenden Transversalwelle
"Die n zu gehörenden Stehwellen nennt man Schwingungsmoden, die zugehörigen Frequenzen Resonanz- oder Eigenfrequenzen. Die zur tiefsten Frequenz, gehörende Schwingung wird Grundschwingung genannt; im Fall der höheren Frequenzen werden Moden Oberschwingung genannt n "
- Wellenlänge der stehenden Transversalwelle λ_n
- Anregerfrequenz der Saite f_n^A
- Frequenz der stehenden Transversalwelle f_n (bei $n=1$ Grundfrequenz)
- Phasengeschwindigkeit der Saite c
- Zugkraft der Saite F_0
- Gravitationsbeschleunigung g
- lineare Massendichte der Saite μ
- die Masse der Saite m in Formel (g) und Abschnitt 4.2 (ansonsten ist m die Steigung des linearen Fits)

Die zugrunde liegenden Formeln (aus der Versuchsanleitungen) sind die folgenden:

Aus Abb.1 geht der folgende Zusammenhang zwischen der Stehwelle und der Wellenlänge λ_n hervor:

(a) $L = \frac{\lambda_n}{2} n$ mit $n = 1, 2, 3, \dots$

Aus der Betrachtung einer Welle als Funktion $u(x, t) = u_0 \sin(kx - \omega t)$ folgt für die Frequenz der Zusammenhang $f = \frac{\omega}{2\pi}$, was mit der Formel für die Phasengeschwindigkeit $c = \frac{\omega}{k}$, die folgende Formel ergibt:

(e) $f_n = \frac{c}{\lambda_n} = \frac{c}{2L} n = f_1 n$ mit $n = 1, 2, 3, \dots$

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer transversalen Welle in einem Draht wird uns in der Versuchsanleitung wie folgt als "gegeben" angegeben:

(f) $c = \sqrt{\frac{F_0}{\mu}}$ mit $F_0 = g \cdot M$

Aus der Definition der linearen Massendichte als Beschreibung der Masse pro Länge ergibt sich:

(g) $\mu = \frac{m}{L}$

3 Versuchsaufbau

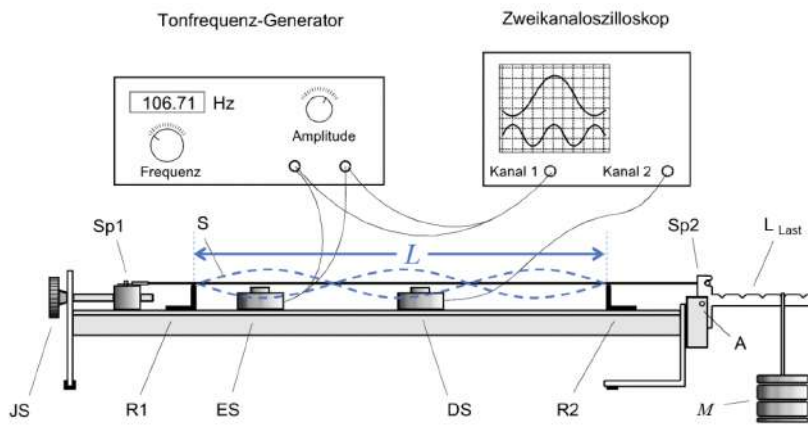


Abb.2: schematische Darstellung des Versuchsaufbaus (aus der Versuchsanleitung M12 Seitenschwingung)

Im folgenden werde ich zur Beschreibung des Versuchsaufbaus, durch Anführungszeichen gekennzeichnet, Formulierungen aus der Versuchsanleitung "M12 Seitenschwingung" (Download vom 14/05/23) nutzen.

"Eine durch die Masse M gespannte Saite S wird durch eine Erregerspule ES im Bereich der Länge L zur Schwingung, angeregt. [...]"

Abbildung [2] zeigt den Versuchsaufbau in schematischer Form. Eine Saite S ist zwischen zwei Einspannstellen $Sp1$ und $Sp2$ ausgespannt. Durch die beiden variablen Reiter $R1$, $R2$, wird die Länge L definiert und an einer Skale abgelesen.

Die Einspannstelle $Sp2$ ist um die Achse A schwenkbar, und durch Verändern der am Lasthebel L_{Last} eingehängten Massenstücke M (bis 1 kg) kann die Zugkraft F_0 eingestellt werden. Das Übersetzungsverhältnis des Lasthebels bei horizontaler Lage des Lasthebels kann durch Wahl der entsprechenden Kerbe für das Einhängen der Massestücke ganzzahlig zwischen 1 und 5 gewählt werden. Die lastabhängige Dehnung der Saite muss durch Drehen an der Justierschraube JS derart ausgeglichen werden, dass der Lastarm bei allen Messungen die horizontale Lage beibehält. Bei der Berechnung der Zugkraft F_0 ist zu beachten, dass der Lasthebel allein infolge seines Eigengewichtes einen zusätzlichen Beitrag von 0,52 N liefert.

Die Anregung der Saite erfolgt durch eine auf einen Weicheisenkern gewickelte Spule ES . Ein Tonfrequenzgenerator liefert den Wechselstrom für die Spule und erlaubt eine Änderung der Erregerfrequenz, mit welcher die Saite (Draht) magnetisch zu Schwingungen angeregt wird. [...]"

Das Generatorsignal wird parallel zur Erregerspule ES dem Kanal 1 des Zweikanaloszilloskops zugeführt. Infolge der Saitenschwingung wird in der Detektorspule DS , welche auf einen permanentmagnetischen Kern gewickelt ist, eine Wechselspannung erzeugt, welche dem Kanal 2 des Oszilloskops zugeführt wird."

Es ist zu beachten, dass die gemessene Anregerfrequenz f^A nur die Hälfte der eigentlichen Frequenz entspricht. Dies folgt daraus, dass während eines Wechselspannungszyklus, d.h. plus-zu-minus, an einem festen Ort die Saite zwei Perioden schwingt, weil sie sowohl von der Nordpol- als auch von der Südpol-Seite eines Stabmagneten angezogen wird und somit zwei Auslenkungen nach unten hat während der einen Periode der Wechselspannung.

4. Auswertung

Die im folgenden abgebildeten Graphen wurden mit Hilfe von Python und der kafe2 Bibliothek erstellt.

4.1. Position der Knoten und Bäuche der ersten Oberschwingung

Von den geforderten Messwerten in Tab.2 konnte der zweite Bauch und der letzte Knoten nicht gemessen werden, da diese außerhalb der Reichweite des Kabels der Detektorspule lagen. Zudem gilt für den ersten Wert, dass dieser nicht genau bestimmt werden konnte, da die Halterung der Saite im Weg war, aber durch Messungen, den 0cm nähernd, ist unsere Vermutung, dass der erste Knoten in der Nähe der 0cm liegt. Für die übrigen zwei Messwerte gilt, dass diese an den zu erwartenden Positionen nach der Formel (a) aus der Versuchsanleitung waren: $\lambda_n = \frac{2L}{n}$. Für $n=2$ ergibt sich nämlich der Zusammenhang $\lambda_2 = L = 60\text{cm}$, d.h. bei einer sinusförmigen Welle, dass der mittlere Knoten bei 30cm liegt und die beiden Bäuche bei 15cm bzw. 45cm. Die gemessenen Werte spiegeln dies wie gesagt genau wider.

4.2. Resonanzfrequenzen f_n für verschiedene Eigenschwingungen

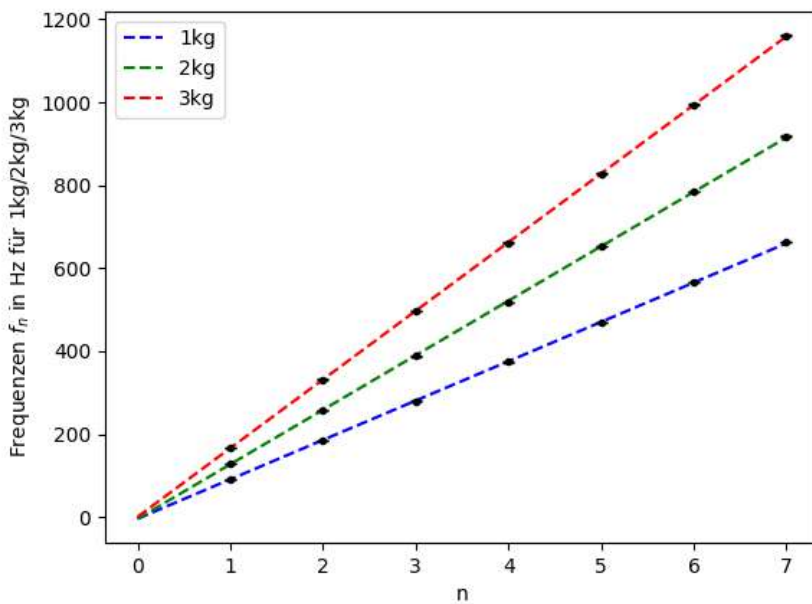


Abb. 3: Messergebnisse der Frequenzen f_n in Hz für Zugspannungen 1kg, 2kg und 3kg mit jeweils linearem Fit (gestrichelte Linien)

Aus dem Zusammenhang $f_n = f_1 \cdot n$ (Versuchsanleitung Formel (e)) folgt, dass die Steigung des linearen Fits mit f_1 gleichgesetzt werden kann. Für den linearen Fit wurde keine Ursprungsgerade, sondern $g(x) = m \cdot x + n$, verwendet, um mit n eine Korrektur für systematische Unsicherheiten einzubauen. Diese könnten sich zum Beispiel durch eine nicht exakt horizontal ausgerichtete Halterung bzw. nicht exakte Übersetzung des Gewichts durch die Halterung ergeben. Die Ergebnisse der linearen Fits waren die folgenden:

Tab.7: Werte der linearen Fits von Abb.2

	1kg	2kg	3kg
Steigung m in Hz	94.83812175664963	131.31732152146037	165.44041732756278
Unsicherheit der Steigung u_m in Hz	0.12136220298317495	0.14505989442957598	0.16784695585671838
y-Achsenabschnitt n in Hz	-3.705783442050347	-3.958316454295698	0.8043562564531612
Unsicherheit des y-Achsenabschnittes u_n in Hz	0.40994974336541046	0.46390927064194515	0.5171887941466512

Wie oben bereits erwähnt, entsprechen die Grundfrequenz $f_1 = m$ und ihre Unsicherheit $u_{f_1} = u_m$. Es ergeben sich die folgenden gerundeten Ergebnisse:

1kg: $f_1 = (94.84 \pm 0.13) \text{ mm}$
2kg: $f_1 = (131.32 \pm 0.15) \text{ mm}$
3kg: $f_1 = (165.44 \pm 0.17) \text{ mm}$

Wir wissen zudem aus der Versuchsanleitung Formel (e), dass $f_1 = \frac{c}{2L}$ ist. Umgestellt ergibt sich für die Phasengeschwindigkeit $c = 2L \cdot f_1$, wobei $L = 60 \text{ cm} = 0.6 \text{ m}$ gegeben ist. Aus der Gauß'schen Fehlerfortpflanzung bekommen wir die Unsicherheit der Phasengeschwindigkeit $u_c = 2L \cdot u_{f_1}$. Es ergeben

sich die folgenden gerundeten Ergebnisse:

$$1\text{kg: } c = (113.81 \pm 0.16) \text{ m/s}$$

$$2\text{kg: } c = (157.58 \pm 0.18) \text{ m/s}$$

$$3\text{kg: } c = (198.53 \pm 0.21) \text{ m/s}$$

Eine weitere Größe, welche wir bestimmen können, ist die lineare Massendichte der Saite. Hierfür können wir die Formel (g) aus der Versuchsanleitung nutzen: $\mu = \frac{m}{L}$, wobei m die Masse der Saite und L die Länge dieser ist. Wir haben die Dichte der Saite $\rho = 7.85 \text{ g/cm}^3$ sowie den Durchmesser von $d = (14/1000)'' = 14/1000 \cdot 2.54 \text{ cm}$ durch die Datenkarte gegeben. Hiermit lässt sich die Masse m wie folgt bestimmen: $m = \rho \cdot \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot L$. Es ergibt sich das Ergebnis: $\mu = 0.0077962012733941 \text{ g/cm}$ (ohne Unsicherheit, da die Informationen auf der Datenkarte ohne diese angegeben wurden).

Eine weitere Möglichkeit die lineare Massendichte zu bestimmen, ist mit Hilfe unserer Ergebnisse für die Phasengeschwindigkeit c . Hierfür können wir die Formel (f) aus der Versuchsanleitung nutzen: $c = \sqrt{\frac{F_0}{\mu}}$.

Diese können wir wie folgt nach μ umstellen: $\mu = \frac{F_0}{c^2}$. Die Spannkraft F_0 kann wie im Text nach der Formel (f) in der Versuchsanleitung bestimmt werden mit $F_0 = g \cdot M$, wobei M die Zugspannung und $g = 9.8130 \text{ m/s}^2$ (<https://de.wikipedia.org/wiki/Gravitationszone>, Zugriff 14/05/23) die Gravitationsbeschleunigung ist. Eine Korrektur, die an dieser Formel, noch zu vollziehen ist, ist die Einberechnung des Hebelgewichtes, welches mit 0.52 N gegeben ist. Somit ergibt sich die Formel $F_0 = g \cdot M + 0.52 \text{ N}$ und damit $\mu = \frac{g \cdot M + 0.52 \text{ N}}{c^2}$. Für die Unsicherheit von μ ergibt sich mit der Gauß'schen Fehlerfortpflanzung die Formel

$u_\mu = \sqrt{\left(-\frac{2F_0}{c^3} \cdot u_c\right)^2 + \left(\frac{g}{c^2} \cdot u_M\right)^2}$, wobei die Massenunsicherheit u_M auf dem Datenblatt mit 0.005 g pro Massenstück angegeben wurde. Das ergibt bei den verwendeten Gewichten $2 \times 50 \text{ g}$ (eines davon ist die Halterung der Gewichte), $2 \times 200 \text{ g}$ und $1 \times 500 \text{ g}$ eine Unsicherheit von 0.025 g , wobei diese mit dem Übersetzungsfaktor (1, 2 bzw. 3) multipliziert werden muss. Wir erhalten somit als gerundete Ergebnisse für μ :

$$1\text{kg: } \mu = (0.000798 \pm 0.000020) \text{ kg/m}$$

$$2\text{kg: } \mu = (0.000811 \pm 0.000020) \text{ kg/m}$$

$$3\text{kg: } \mu = (0.000760 \pm 0.000019) \text{ kg/m}$$

Die Ergebnisse für die linearen Massendichten liegen alle im Rahmen von oder vernachlässigbar knapp neben (im Zehntausendstel-Grammbereich) unserem direkt berechneten Ergebnis mit den Informationen vom Datenblatt. Dies führt zu der Schlussfolgerung, dass die berechneten Werte für c verlässlich sind und somit auch unsere Ergebnisse für f_1 , da die Werte für c durch diese wiederum berechnet wurden.

4.3. Abhängigkeit der Resonanzfrequenzen von der Saitenlänge

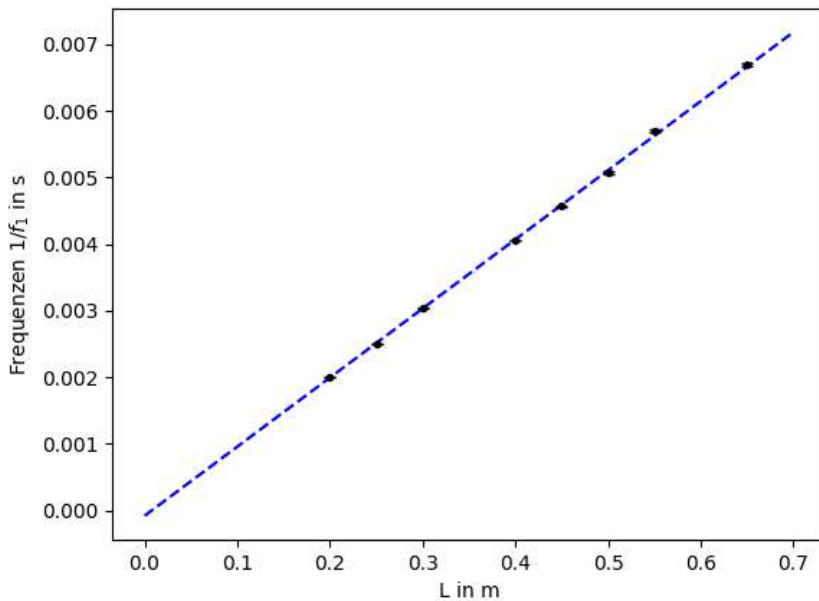


Abb.4: Messergebnisse der Frequenz $1/f_1$ in s für verschiedene Saitenlängen mit linearem Fit (gestrichelte Linie)

Aus der Formel (e) der Versuchsanleitung $f_1 = \frac{c}{2L}$ folgt, dass L umgekehrt proportional zu f_1 sein müsste, was sich durch den linearen Fit in Abb.4 bestätigt. Der lineare Fit spiegelt eine Funktion $1/f_1 = m \cdot L + n$ wider, wobei wie auch schon in Abschnitt 4.2 das n eine Korrektur für mögliche systematische Unsicherheiten darstellt. Die Werte des linearen Fits sind die folgenden:

Steigung: $m \approx 0.010370675648430971 \text{ s/m}$

Unsicherheit der Steigung: $u_m \approx 0.00002223365775365764 \text{ s/m}$

y-Achsenchnitt: $n \approx -0.00007962761253685335 \text{ s}$

Unsicherheit des y-Achsenchnitts: $u_n \approx 0.000006348630375789363 \text{ s}$

Durch umformen der Formel (e), ergibt sich $1/f_1 = \frac{2}{c} \cdot L$ und mit einem Koeffizientenvergleich mit der Fitfunktion der Zusammenhang $m = \frac{2}{c}$ bzw. $c = \frac{2}{m}$. Für die Unsicherheit von c ergibt sich mit der Gauß'schen Fehlerfortpflanzung $u_c = \frac{2}{m^2} \cdot u_m$. Das gerundete Ergebnis für c ist:

$$c = (192.9 \pm 0.5) \text{ m/s}$$

Das Ergebnis für c hat einen Unterschied von $\sim 6 \text{ m/s}$ zu dem Ergebnis für 3kg aus 4.2, wodurch eines der Ergebnis anzuzweifeln ist. Da wir bereits in Abschnitt 4.2 durch das Berechnen der linearen Massendichte festgestellt haben, dass die Werte für c als vertrauenswürdig angesehen werden können, muss der Wert des hier berechneten c angezweifelt werden. Aus dem gegenüber m sehr geringem Wert für n lässt sich eine nur sehr kleine systematische Unsicherheit schließen sowie aus der kleinen Größenordnung von u_m gegenüber m , dass es keine signifikanten Fehler bei der Messung von einzelnen f_1 Werten gab. Eine mögliche Unsicherheit, welche mit einbezogen werden könnte in die Berechnung, ist die Unsicherheit bei der Längenmessung, wobei diese gegenüber der Frequenzunsicherheit vernachlässigbar sein sollte (*Wissen durch Praktikumsleiter*). Meine einzige Erklärung, die noch übrig wäre, ist, dass durch das Messen von der Zugspannung 2kg bzw. 1kg (Tab.3 und Tab.4) und der damit verbundenen Neueinstellung des Lasthebels, beim erneuten Kalibrieren des Lasthebels für die Zugspannung von 3kg im Anschluss für die hiesige Messung ein Unterschied im Winkel entstanden ist, wodurch die Frequenz und damit auch die berechnete Phasengeschwindigkeit ein wenig verschoben wurde. In einer zukünftigen Durchführung des Experimentes müsste der Winkel des Lasthebels

genauer kontrolliert bzw. beobachtet und die daraus entstandene Verschiebung vermieden werden.

4.4. Abhängigkeit der Resonanzfrequenzen von der Zugspannung

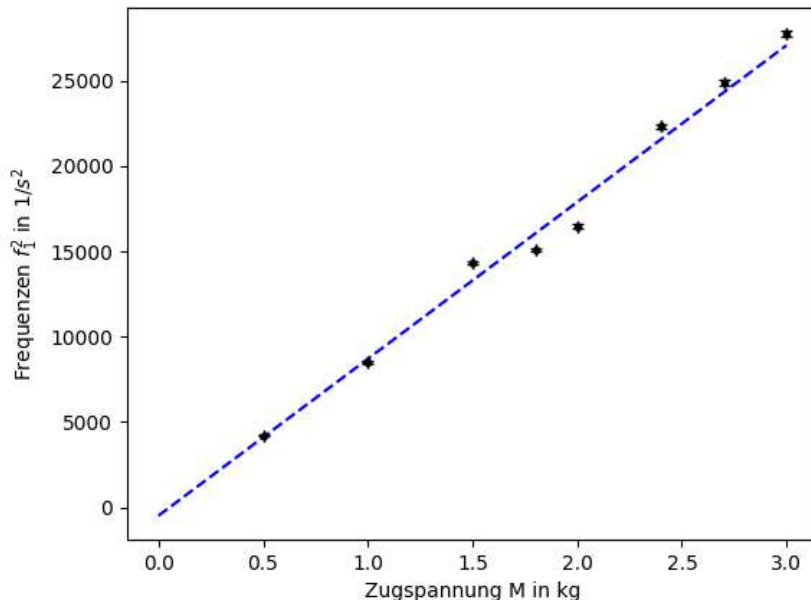


Abb.5: Quadrierte Messergebnisse der Frequenz f_1 für unterschiedliche Zugspannungen mit linearem Fit (gestrichelte Linie)

(Für die Errorbars in x-Richtung wurden die zusätzlich hinzugefügten Spalten zu Tab.6 und die Formel für die Massenunsicherheitsberechnung u_M aus Abschnitt 4.2 genutzt)

Aus den Formeln (e) und (f) der Versuchsanleitung ergibt sich der Zusammenhang $f_n = \frac{1}{2L} \cdot \sqrt{\frac{F_0}{\mu}} \cdot n$. Durch umformen und setzen von $n=1$ erhält man eine lineare Abhängigkeit von der Zugspannung M :

$$f_1^2 = \frac{1}{4L^2} \cdot \frac{F_0}{\mu} = \frac{1}{4L^2} \cdot \frac{g}{\mu} \cdot M + \frac{1}{4L^2} \cdot \frac{0.52N}{\mu}$$

mit μ der linearen Massendichte, $g = 9.8130m/s^2$ (<https://de.wikipedia.org/wiki/Gravitationszone>, Zugriff 14/05/23) der Gravitationsbeschleunigung, der Länge L und der Zugspannung M .

Der lineare Fit beschreibt eine Funktion $f_1^2 = m \cdot M + n$, wobei n wie in den vorherigen Abschnitten eine Korrektur der entstandenen systematischen Unsicherheiten repräsentiert sowie hier auch den hinteren Summanden der obigen Formel für f_1^2 . Die Werte des Fits sind:

Steigung: $m \approx 9185.583740027156 \frac{1}{kg \cdot s^2}$

Unsicherheit der Steigung: $u_m \approx 39.422024857668 \frac{1}{kg \cdot s^2}$

y-Achsenschnitt: $n \approx -491.3470885225661/s^2$

Unsicherheit des y-Achsenschnitts: $u_n \approx 56.85624276670161/s^2$

Ein Vergleich der beiden Formeln ergibt den Zusammenhang $m = \frac{1}{4L^2} \cdot \frac{g}{\mu}$. Nach der linearen Massendichte umgestellt: $\mu = \frac{g}{4L^2 m}$. Für die Unsicherheit von μ gilt mit der Gauß'schen Fehlerfortpflanzung: $u_\mu = \frac{g \cdot u_m}{4L^2 m^2}$. Somit folgt das gerundete Ergebnis:

$$\mu = (0.000742 \pm 0.000004) \text{ kg/m.}$$

Das Ergebnis liegt außerhalb des verlässlichen Wertes aus Abschnitt 4.2 mit $\sim 1/2000 \text{ g/cm}$. Wie man der Abb.5 entnehmen kann, sind die Werte deutlich stärker als bei den vorherigen Abschnitten gestreut. Meine Annahme ist, dass dies wie in Abschnitt 4.3 durch eine Unsicherheit in der Übersetzung der Gewichte, d.h. dem Winkel des Lasthebels, begründet ist. Nur im Gegensatz zu Abschnitt 4.3 ist diese Unsicherheit in jedem Messwert vorhanden. Deswegen auch noch einmal hier die Betonung, dass dies stärker beachtet werden sollte bei einer wiederholten oder erweiterten Durchführung des Experimentes.

5. Fazit

In diesem Versuch ist es uns gelungen die Beziehung zwischen der Wellenlänge λ_n und der Position der Knoten bzw. Bäuche der Stehwelle zu überprüfen. Des Weiteren konnten wir durch verschiedene Schwingmoden, unterschiedliche Zugspannungen oder Saitenlängen die Grundfrequenz, Phasengeschwindigkeit und lineare Massendichte der Saite bestimmen. Hierbei konnten wir einen antiproportionalen Zusammenhang zwischen der Saitenlänge und der Frequenz sowie einen quadratischen Zusammenhang zwischen der Zugspannung und der Frequenz nachweisen. Eine Erkenntnis, welche wir in zukünftigen Versuchen berücksichtigen werden, ist, dass die Unsicherheit der Übersetzung des Gewichtes bei unserem Versuchsaufbau einen signifikanten Einfluss auf unsere Frequenzen hat, da diese dadurch systematisch verschoben werden. Insgesamt kann der Versuch als erfolgreich eingestuft werden, da wir die Ziele dieses Versuches erzielen konnten.

Attached files

20230508162916-timestamped.zip (Timestamp archive by Samuel Brinkmann)

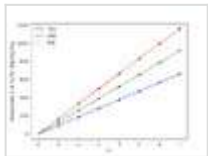
sha256: bd5658aec5591837a1a714b4a2a2f2f2de0e3055acf64f3fd6dc95541659b146

20230508164946-timestamped.zip (Timestamp archive by Daniel Kohlberger)

sha256: 8e5c34c1ccef1a96c56aaa1b2daef9b282eb3aee1626f8558aee1062add15c96

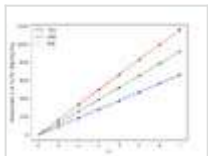
plot_M12_kg.png

sha256: e160094900f2915d784b4ba94a1e1ab59dc3a1e6c741ae78849345fd74f75f9d



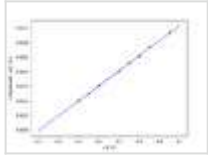
plot_M12_kg.png

sha256: 4d80af621a6523b5ef9c1b8033a60948e795d8803f211b95917724d3b5eea05b



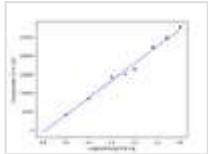
plot_M12_L.png

sha256: 048fbf6f113b4a15d219ae7e551f5ea41a791adfa11edcd20c8c3910b87a8139



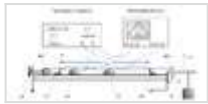
plot_M12_kg_f1.png

sha256: 1c46afa9b59b45ba2af0e46434b6923edd6eb4c9b1fda30549fa815712c2d7e5



Bildschirmfoto-2023-05-14-um-22.51.05.png

sha256: f2a1c40cce8304ad34525cd24a9fcd946b5171e8df16ce0ffc85b690cec10c67



Bildschirmfoto-2023-05-14-um-23.55.38.png

sha256: 92c6ab1e05fa94f3bf8da2f7724d2fbfa7f6eddf4876716c41c16e22041a6371



unknown.png

sha256: 92c6ab1e05fa94f3bf8da2f7724d2fbfa7f6eddf4876716c41c16e22041a6371



Unique eLabID: 20230508-e96ac53caf2f53095b4b2a57e28c4a36236e8e6c
Link: <https://elabftw.physik.hu-berlin.de/experiments.php?mode=view&id=928>

Changelog