An Herrn
Marco Didone
Kantonsschule Rämibühl
Natw. Inst./Physik
Rämistrasse 54
8001 Zürich

Das Fadenpendel

//kurztheorie………………

Verfasser

Sebastian Bensland und Max Mathys

Mathematisch Naturwissenschaftliches Gymnasium Rämibühl

Klasse 3b

8001 Zürich

Inhalt

Einleitung

//Einleitung einfügen

Theorie

//theorie einfügen

Durchführung des Experiments und Auswertung

Protokoll

Fehlerschranken					
	Auflösung	Systematischer Fehler		Resultierender Fehler	
Pendellänge l[mm]	1	3		4	cm
Zeit t[s]	0,1	1		1,1	s
Gewicht m[g]	1	3		4	g
Grad	1	3		4	Grad

Tabelle der Fehlerschranken: Hier werden die Auflösungen und die systematische Fehler der verschiedenen gemessenen Grössen festgehalten.

1. Messung	m=43g
L(cm)	t(s)
89	19,18
77	17,87
62	15,63
53,5	14,82
41	12,85
32	11,4
104	20,56
112,5	21,86
28	10,68
35	11,5

Tabelle der 1. Messung: Bei gleich bleibendem Gewicht wird die Schwingungsdauer für 10 Schwingungen bei verschiedenen Pendellängen gemessen.

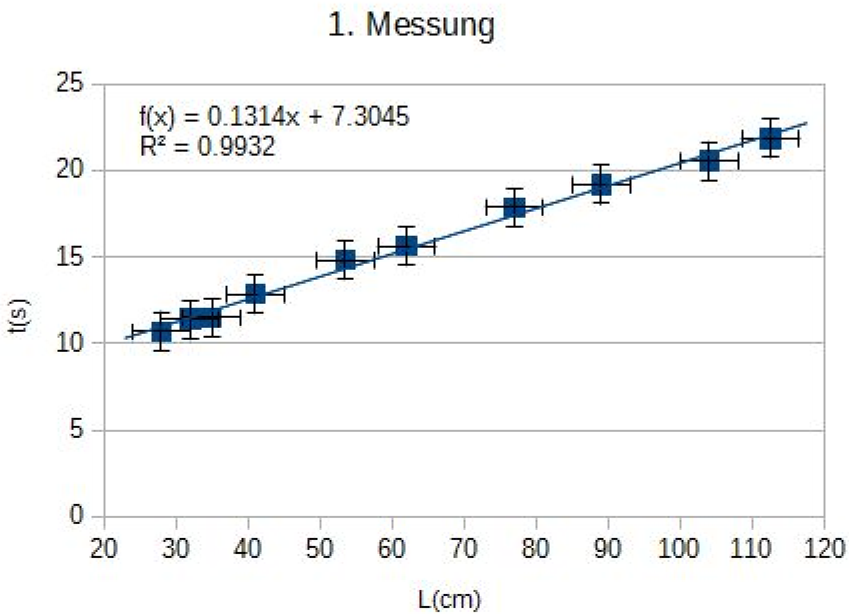

Abbildung der 1. Messung: für eine bestimmte Pendellänge L wird die Zeit für 10 Schwingungen gemessen.

Bei der ersten Messung können wir beobachten, dass die Werte der Schwingungszeit etwa auf einer Geraden mit Steigung m = 0.1314 liegen.

Da die Trendlinie innerhalb den Fehlerbalken liegt, sollte sie etwa der Wahrheit entsprechen.

2. Messung	l=45cm
m(g)	t(s)
43	14.25
50	14.14
42.5	14.05
10	14.21
41	14.28
49	14.11
31	14.31

34	13.98

Tabelle der 2. Messung: Für ein bestimmtes Gewicht m mit konstanter Pendellänge wird die Zeit gemessen, für das das Pendel braucht, um 10 Schwingungen zu absolvieren.

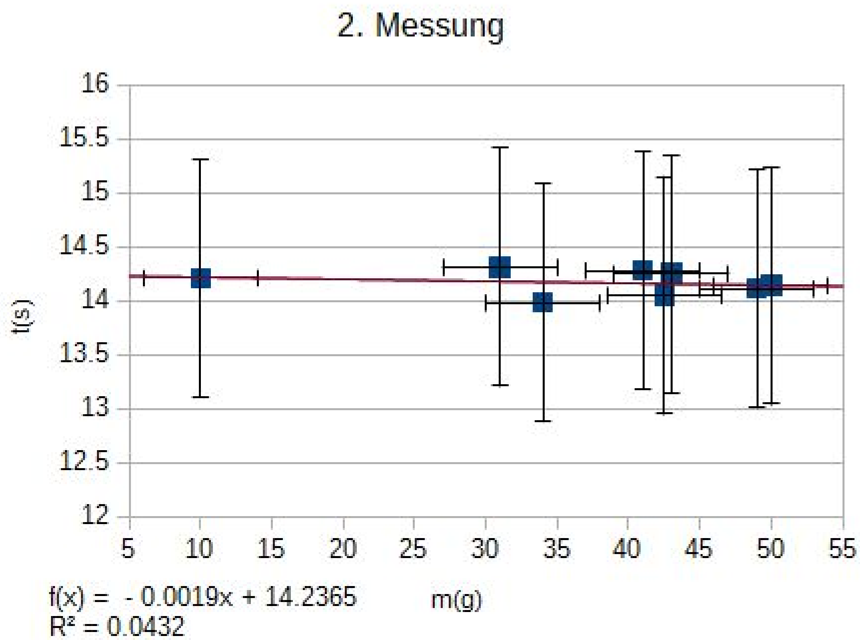

Abbildung der 2. Messung: Als X-Achse haben wir das Gewicht des Pendels und als Y-Achse die Zeit für 10 Schwingungen.

Bei der zweiten Messung können wir annehmen, dass das Gewicht des Pendels nichts mit der Schwingungsdauer zu tun hat, denn im Diagramm liegen die Werte mehr oder weniger auf einer horizontalen Geraden, das heisst, dass die Werte ungefähr konstant bleiben.

3. Messung	
Grad	t(s)
5	12.44
10	12.59
20	12.41
30	12.66
40	12.59

50	13
60	13.28
70	13.5
80	14.05
90	unstabil

Tabelle der 3. Messung: Wir messen die Zeit t für 10 Schwingungen, wenn wir das Pendel von einem bestimmten Grad aus fallen lassen. Anmerkung: bei 90 Grad war die Schwingung dermassen unstabil, dass wir sie nicht in einem präzisen Rahmen aufzeichnen konnten.

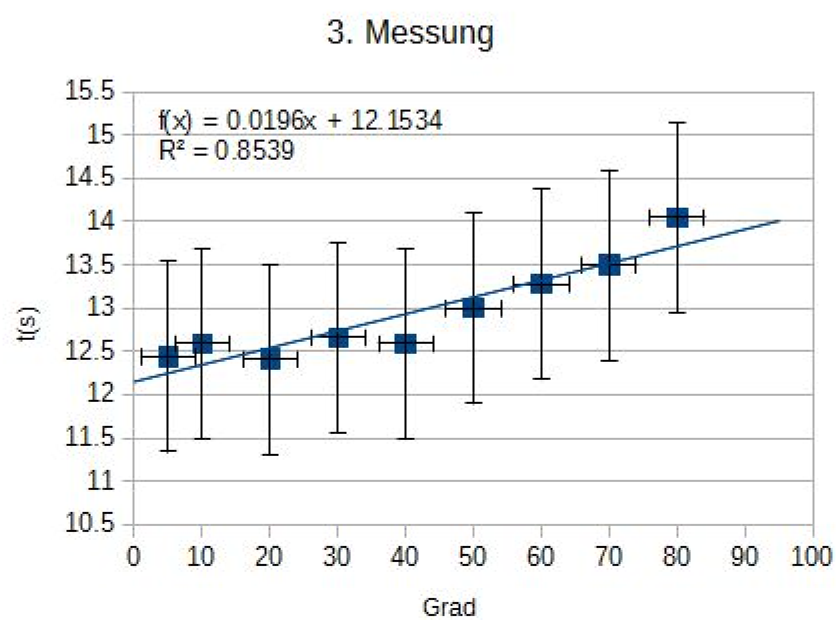

Abbildung der 3. Messung: Als X-Achse haben wir den Winkel, von dem wir das Pendel fallen liessen und als Y-Achse die Zeit für 10 Schwingungen.

Bei der dritten Messung sieht man, dass der Winkel, von dem wir das Pendel fallen liessen, auf die Schwingungszeit Einfluss hat, da das Pendel eine grössere Distanz zurücklegen muss pro Schwingung. Die Werte liegen auf einer Gerade mit Steigung 0.0196.

Anmerkung: Die X-Fehlerbalken sind deshalb so gross, weil der Winkel ziemlich ungenau war, und man nur grob ablesen konnte. Auch war die Distanz vom Pendel bis zum Messgerät relativ gross, beeinflusste der Sichtwinkel auch den Messwert.

Auswertung

Berechnung der Fallbeschleunigung

Die Schwingungsdauer eines idealisierten Pendels ist im allgemeinen laut FoTa im quadrat proportional zu der Länge der Schnur. Im Allgemeinen lautet die Formel für die Schwingungsdauer T

$$T \sim 2\Pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Um die Fallbeschleunigung g auszurechnen, müssen wir die Gleichung wie folgt umformen:

$$g = \frac{4\Pi^2 \cdot l}{T^2}$$

Wir schauen jetzt, ob unsere Messung mit dem längsten Pendel ungefähr mit der Formel übereinstimmt. Dazu müssen wir zuerst die Fehlerschranke bestimmen:

Fehlerschranken					
	Auflösung	Systematischer Fehler		Resultierender Fehler	
Pendellänge l[mm]	1	3		4	cm
Zeit t[s]	0,1	1		1,1	s
Gewicht m[g]	1	3		4	g
Grad	1	3		4	Grad

Tabelle 1: Auflösung und systematischer Fehler verschiedener Messgrössen

Längstes Pendel: $l = 112.5cm;\ 10T = 21.86s;\ l_{max} = 116.5cm;\ 10T_{min} = 20.76s$

$$g = \frac{4\Pi^2 \cdot 1.125m}{\frac{21.86}{10}s^{\ 2}} = 9.3\ m/s^2 \approx 9.8\ m/s^2$$

Berechnung: Entspricht etwa der Erdgravitation.

$$g_{max} = \frac{4\Pi^2 \cdot l_{max}}{T_{min}^{\ \ 2}} = \frac{4\Pi^2 \cdot 1.165m}{\frac{20.76}{10}s^{\ 2}} = 10.8\ m/s^2$$

$$\Delta g\ = g_{max} - g = 1\ m/s^2$$

Fehlerberechnung: Der maximale Fehler.

$$\left| g_{Literatur} - g \right| \leq \Delta g$$

$$0.5\ m/s^2 \leq 1\ m/s^2$$

Test, ob der Berechnete Wert in den Fehlerschranken liegt

Der berechnete Wert liegt in den Fehlerschranken und somit kann die Berechnung als richtig betrachtet werden.

Schwingungsdauer auf einer Nullpunktgeraden

Schwingungsdauer					
L(cm)	L(m)	t(s) für 10T	t(s) für T	t(s) für T2	$T2^2$
89	0.89	19.18	1.918	0.959	0.919681
77	0.77	17.87	1.787	0.8935	0.79834225
62	0.62	15.63	1.563	0.7815	0.61074225
53.5	0.535	14.82	1.482	0.741	0.549081
41	0.41	12.85	1.285	0.6425	0.41280625
32	0.32	11.4	1.14	0.57	0.3249

104	1.04	20.56	2.056	1.028	1.056784
112.5	1.125	21.86	2.186	1.093	1.194649
28	0.28	10.68	1.068	0.534	0.285156
35	0.35	11.5	1.15	0.575	0.330625

Tabelle zur 2. Auswertung: Im Prinzip gleiche Daten wie bei der 1. Messung, jedoch mit jeglichen Modifikationen.

Um diese Aufgabe richtig lösen zu können, können wir die gleichen Daten wie bei der 1. Messung nehmen, jedoch müssen wir die Daten ein wenig umschreiben:

- Wir müssen die Einheit der Pendellänge L von cm in m umwandeln (Spalte 1, 2)
- Wir müssen die Zeit für eine Schwingung anstatt für 10 Schwingungen definieren ($10T \rightarrow T$; Spalte 3, 4)
- Da wir eine *Schwingung* in unserem Projekt anders als in der Literatur definiert haben, müssen wir unsere Definition an die der Literatur anpassen: Wir haben als *Schwingung* definiert, dass das Pendel nach vorne und wieder zurückschwingt, während die Literatur die *Schwingung* nur als einen Weg, also entweder nach vorne oder nach hinten, definiert. Wir müssen also unsere Zeit halbieren, damit sie der Definition der Literatur entspricht ($T \rightarrow T_2$; Spalte 4, 5).
- Wir wollen T^2 darstellen ($T_2 \rightarrow T_2{}^2$; Spalte 5, 6)

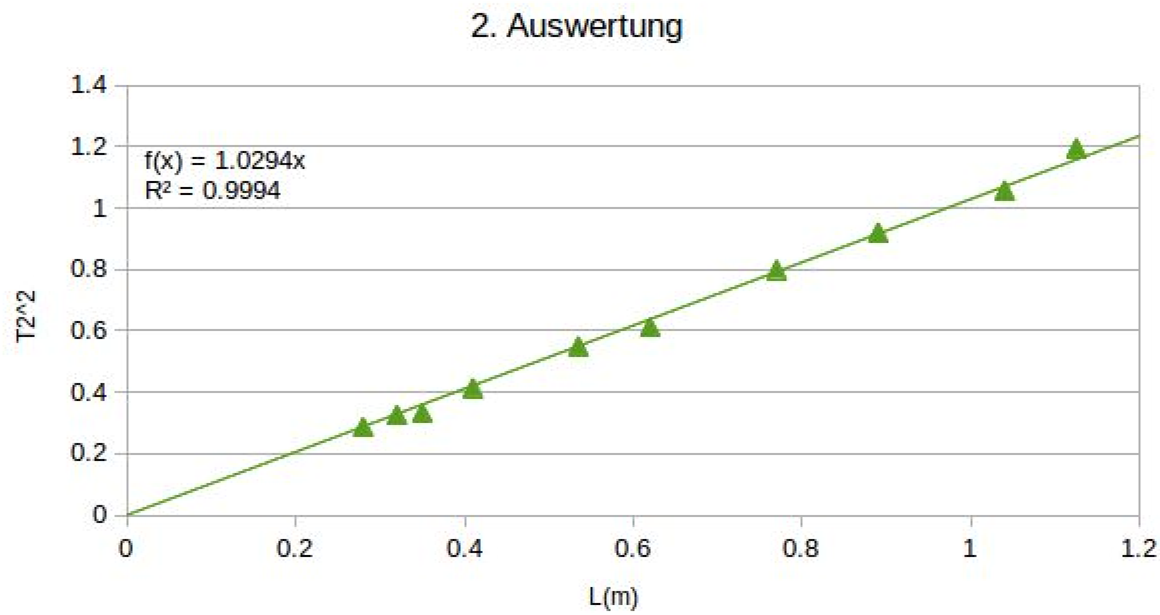

Abbildung zur 2. Auswertung: Nullpunktgerade mit X als der Pendellänge in metern, und T als Quadrat der Schwingungsdauer nach der Definition der Literatur, mit Trendlinie.

Alle Werte liegen auf der Nullpunktgeraden, also kann man daraus schliessen, dass sich das Quadrat der Schwingungsdauer proportional zur Pendellänge verhält.

Es gibt ein Phänomen namens *Sekundenpendel*[1], bei dem die Länge l der Gewichtskraft entspricht, falls es eine Schwingungsdauer von 1s benötigt.

Das heisst, T^2 mit L = 1m ist mit der Erdbeschleunigung *g* umgekehrt proportional.

$$T^2 \sim \frac{1}{g}$$

Amplitude und Gewicht bezüglich der Schwingungsdauer

Die Amplitude hängt von der Schwingungsdauer ab, und zwar proportional, wie wir bei der 3. Messung gesehen haben: Alle Werte liegen auf einer Geraden mit Steigung 0.0196.

[1] http://de.wikipedia.org/wiki/Sekundenpendel

Die Schwingungsdauer hängt nicht vom Gewicht ab, da wir das bei der zweiten Messung gesehen haben: Alle Werte liegen auf einer horizontalen Gerade, die durch die Fehlerschranken aller anderen Werte geht: Die Y-Werte sind stets (etwa) gleich.

Schlussfolgerungen

Resultate

In unseren Experimenten und Analysen konnten wir sehen, dass die Pendellänge einen Einfluss hat auf die Schwingungszeit und diese Werte auf einer steigenden Gerade liegen. Das Gewicht des Pendel, zu unserem Erstaunen, hatte keinen Einfluss auf die Schwingungszeit des Pendels, ausgenommen indirekte Faktoren wie weniger relativen Luftwiderstand und mehr Reibung bei schwereren Pendeln. Auch beobachteten wir, dass logischerweise den Winkel, von dem wir das Pendel fallen liessen, einen Einfluss auf die Schwingungszeit hat.
Auch konnten wir die Erdbeschleunigung aus Daten von Pendeln ausrechnen, indem wir nur die Schwingungszeit und die Länge des Pendels benötigten.

Reflexion

Wir haben in diesem Praktikum sehen können, wie die drei Faktoren Pendellänge, Gewicht und Winkel die Schwingungszeit beeinflussen. Entgegen unserer Intuition, dass alle Faktoren eine Rolle spielen, konnten wir das Gegenteil beweisen. Auch haben wir gelernt, wie wir Messwerte richtig analysieren, zum Beispiel mit Abbildungen, auch mit Hilfe von Excel: Wie man Daten formatiert, Trendlinien hinzufügt, wie man Fehlerschranken berechnet und richtig anzeigt. Auch haben wir mit dieser Arbeitsweise ein bisschen mehr Erfahrungen gesammelt, wie man ein wissenschaftliches Problem angeht und analysiert.