



Versuchsprotokoll M9 - Reversionspendel

Autor:
R. Brose
Mat.Nr.: 529368

Versuchspartnerin:
R. Schmidpott
Mat.Nr.:529019

Versuchsort: NEW 14, 316, Platz 4
Versuchsbetreuer: Dr. P. Schäfer
Versuchsgruppe: P7

06.05.2009

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Aufgabenstellung	3
1.2	Verwendete Größen und Formeln	3
2	Bestimmung des Schneidenabstandes	4
2.1	Messwerte	4
2.2	Messergebnis	4
3	Die Periodendauern in Abhängigkeit von der Masseverteilung	4
4	Präzisionsbestimmung der Periodendauer	5
4.1	Messwerte	5
4.2	Messergebnis	5
4.3	Diskussion des Messergebnisses	6
5	Amplitudenabhängigkeit der Schwingung	7
6	Bestimmen der Erdbeschleunigung	8
7	Anhang	10
7.1	Messwerttabellen und Versuchsprotokoll	10

1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

1. Messung des Schneidenabstandes des Reversionspendels.
2. Messung der Periodendauer des Pendels als Funktion der Stellung der beweglichen Masse.
3. Präzisionsbestimmung der Periodendauer in der Umgebung der in Aufgabe 2 ermittelten Schnittpunkte und Bestimmung der Periodendauer \bar{T} (ohne RevPen).
4. Messung der Amplitudennabhängigkeit der Periodendauer und Überprüfung der Gültigkeit von Gl.(5).
5. Berechnung der Fallbeschleunigung nach Gl.(4).

Der Versuchsaufbau erfolgte entsprechend der Beschreibung im Skript.

1.2 Verwendete Größen und Formeln

Verwendete Größen:

$T(\phi_0)$	Gemessene, Amplitudenabhängige Periodendauer
T	Periodendauer mit korrigiertem systematischen Fehler
l_r	Reduzierte Pendellänge gem. Skript
g	Fallbeschleunigung

Es werden folgende Formeln im Protokoll verwendet:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l_r}{g}} \Rightarrow g = \frac{4\pi^2}{T^2}l_r \quad (1)$$

$$T = \frac{T(\phi_0)}{1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \sin^2\left(\frac{\phi_0}{2}\right) + \left(\frac{3}{8}\right)^2 \sin^4\left(\frac{\phi_0}{2}\right)} \quad (2)$$

$$(3)$$

Die folgenden Partiellen Ableitungen wurden zu Berechnung der Messunsicherheiten verwendet:

$$\frac{\partial g}{\partial l_r} = \frac{4\pi^2}{T^2} \quad (4)$$

$$\frac{\partial g}{\partial T} = (-2)\pi^2 l_r \frac{1}{T^3} \quad (5)$$

2 Bestimmung des Schneidenabstandes

2.1 Messwerte

Die Messung zur Bestimmung des Schneidenabstandes wurde 10 mal durchgeführt. Die Unsicherheit des verwendeten Messgerätes wurde wie folgt angegeben:

$$\Delta l = \pm(0,02 + 0,00005 \cdot l \text{mm}^{-1}) \text{mm}$$

Für die Messgabel, deren Dicke aus messtechnischen Gründen zu den gemessenen Werten addiert werden muss, wurde angegeben:

$$d = (10,03 \pm 0,03) \text{mm}$$

2.2 Messergebnis

Aus den Messwerten ergibt sich ein Mittelwert von:

$$\bar{l} = 973,04$$

Die Standardabweichung beträgt 0,01mm und somit der Vertrauensbereich 0,04mm. Zusammen mit der Unsicherheit des Messgerätes ergibt sich:

$$l = (973,04 \pm 0,07) \text{mm}$$

Addiert man nun die Dicke und Unsicherheit der Messgabel hinzu, so ergibt sich für l_r :

$$l_r = (983,1 \pm 0,1) \text{mm}$$

3 Die Periodendauern in Abhängigkeit von der Masseverteilung

Gemessen wurde jeweils die Zeit für zwei Schwingungen. Im Fall von T_1 befand sich die Fixmasse am unteren Ende des Pendels.

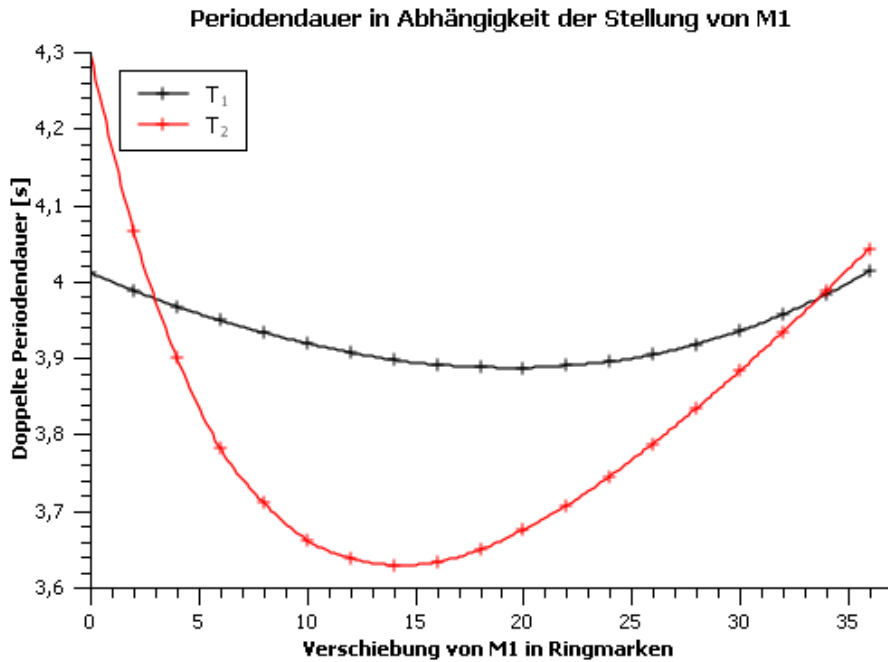


Abbildung 1: Periodendauer - Masseverteilung

4 Präzisionsbestimmung der Periodendauer

4.1 Messwerte

Für die Schwingungsdauer für 10 Schwingungen haben wir, bei Stellung von M_1 auf drei Ringmarken begonnen und dann durch aufdrehen von M_1 langsam den Schwerpunkt in Richtung M_2 verschoben.

4.2 Messergebnis

Da die Bestimmung der Periodendauer mittels RevPen einen zu großen Fehler zur Folge gehabt hätte, wurde die Periodendauer anders bestimmt. Dazu wurde im Intervall $[0,1]$ eine linearere Regression für T_1 und T_2 durchgeführt.

Als Parameter für Gleichungen der Form $a \cdot x + b$ ergaben sich:

	a	b
T_1	0,0036	19,889
T_2	0,0186	19,883

Die Berechnung des Schnittpunktes ergab:

$$T_{10} = 19,8915 \text{ s}$$

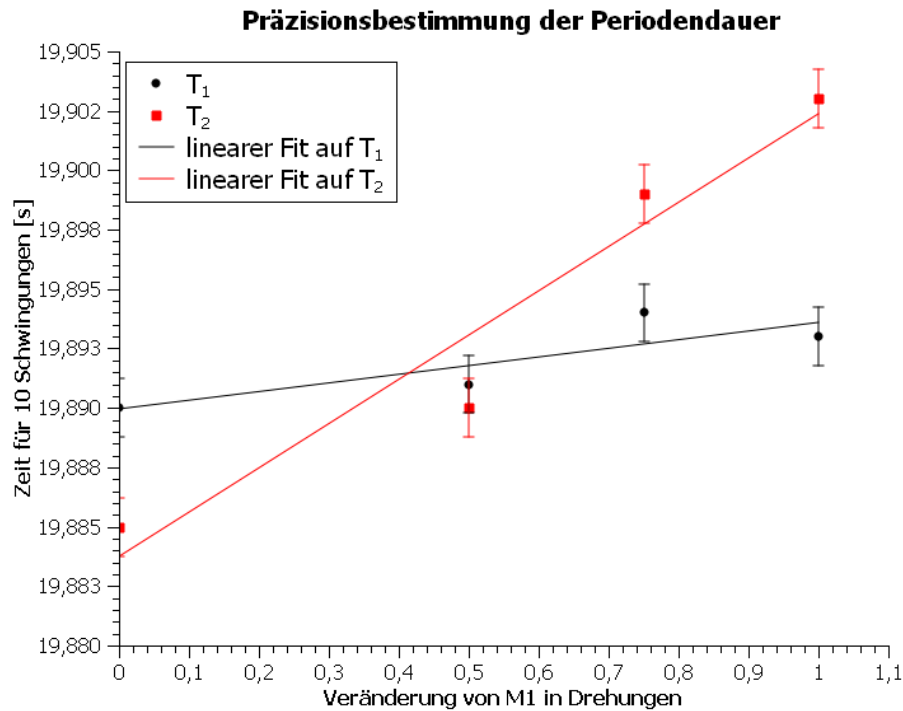


Abbildung 2: Präzisionsbestimmung

Die Unsicherheit dieses Schnittpunktes schätzen wir mit der doppelten Unsicherheit der zeitmessung ab. Damit ergibt sich:

$$T = (1,9892 \pm 0,0002)s$$

4.3 Diskussion des Messergebnisses

Es gab für die Bestimmung des Schnittpunktes drei Möglichkeiten:

1. Die Bestimmung über den Mittelwert von T_1 und T_2 für $x=0,5$
2. Die Bestimmung über zwei Messwertpaare für mittels Geradenbildung
3. Bildung der Geraden über lineare Regression

Alle drei Varianten haben Werte für T zur Folge, die sich nur im Bereich der Messunsicherheit für T_1 und T_2 unterscheiden. Der Übersichtlichkeit halber sind die Berechnungen für die ersten beiden Varianten nicht beigefügt. Theoretisch ließe sich die Unsicherheit für die Periodendauer genauer durch die Abweichungen, die die lineare Regression liefert, sowie die Unsicherheiten der Einzelmesswerte zu bestimmen. Diese läge aber in einer ähnlichen Größenordnung und wurde deshalb nur abgeschätzt.

5 Amplitudenabhängigkeit der Schwingung

Für die Messungen zur Amplitudenabhängigkeit wurde noch der Abstand l_2 von der oberen Schneide zur Oberkante der unteren Masse bestimmt. Dieser betrug 1094mm. Der Winkel ϕ ergibt sich nach $\phi = \tan\left(\frac{s}{l_2}\right)$

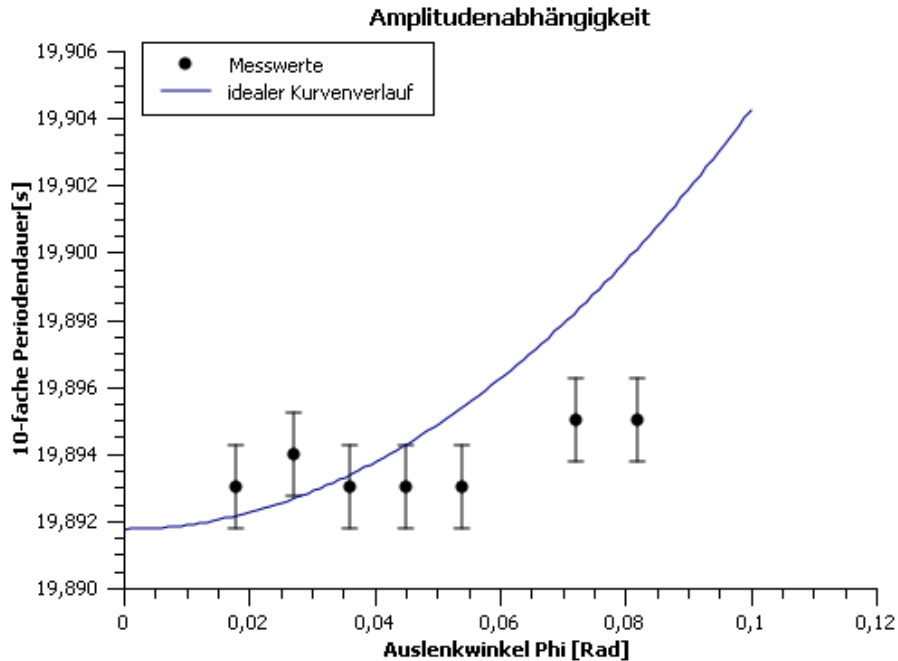


Abbildung 3: Amplitudenabhängigkeit

Das Pendel war dabei noch wie während der Präzisionsmessung eingestellt, sodass eigentlich die Gleichung (2) Gültigkeit haben sollte.

Die Funktion zeigt den Verlauf, den die gemessenen Werte für T_{10} eigentlich haben sollten, doch offensichtlich ist dies nicht der Fall.

Anscheinend scheint die Korrekturgleichung keine Gültigkeit zu besitzen oder bei unserer Messung hat etwas das Messergebnis beeinflusst. Allgemein ist zu sagen, dass die Auslenkung des Pendels relativ ungenau ($\pm 0,25$ cm) erfolgte und demnach schon darin eine Unsicherheit begründet liegen könnte. Weiterhin ist zwar bei größeren Auslenkungen s bei 8 cm und 9 cm eine längere Schwingungsdauer zu beobachten, doch liegt der Anstieg weit unter dem Wert, der eigentlich erreicht werden sollte.

Eine Erklärung, die allerdings wahrscheinlich nicht die Größenordnung der Abweichung erklärt, könnte sein, dass während des Versuchs das Fenster geöffnet wurde. Mögliche Temperatureffekte (Verkürzung des Pendels) würden der Periodendauerzunahme entgegen wirken.

Zu bemerken ist jedoch, dass alle Auslenkungen einen Winkel von weniger als 5° zur Folge hatten, sodass theoretisch noch keine Amplitudenabhängigkeit zu berücksichtigen wäre.

Eine Klärung des Phänomens wäre nur durch eine erneute Durchführung möglich. An den anderen Versuchsplätzen war die Amplitudenabhängigkeit deutlicher zu sehen. Wobei auch die Möglichkeit besteht, dass Amplitudenabhängigkeit in der im Skript angegebenen Form nicht besteht, da es sich nicht um ein mathematisches Pendel handelt, sondern nur um ein physikalisches mit der gleichen Periodendauer wie ein mathematisches der Länge l_r .

6 Bestimmen der Erdbeschleunigung

Aus unseren bestimmten Messwerten ergibt sich die Erdbeschleunigung nach Gleichung (1) zu:

$$\begin{aligned} g &= (9,8086) \frac{m}{s^2} \\ \Delta g &= \frac{\partial g}{\partial l_r} \Delta l_r + \frac{\partial g}{\partial T} \Delta T \\ \Delta g &= 0,0034 \frac{m}{s^2} \end{aligned}$$

Somit ergibt sich als Messergebnis:

$$g = (9,809 \pm 0,003) \frac{m}{s^2}$$

Bei dieser Berechnung wurde der systematische Fehler der durch die Amplitudenabhängigkeit auftreten sollte, nicht korrigiert, da dieser in Aufgabe vier nicht nachgewiesen werden konnte. Des weiteren liegt die auftretende Abweichung noch unter dem Wert der Messunsicherheit für die Zeitmessung. Die Unsicherheit berechnet sich nur über die Unsicherheiten der Zeitmessung und der Pendellänge. Eine Berechnung nach Gleichung (10) aus dem Skript ergibt:

$$g = (9,811 \pm 0,004) \frac{m}{s^2}$$

Dabei wurde auch die Unsicherheit der Auslenkung mit $\Delta s = 0,25 \text{ cm}$ benutzt. Die Fehlerberechnung erfolgte gemäß dem Fehlerfortpflanzungsgesetz. Beide Messergebnisse überschneiden sich in den Unsicherheiten und liegen im Bereich des Referenzwertes. Für Berlin Schönefeld gibt die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (www.ptb.de)

$$g = (9,812594 \pm 0,000004) \frac{m}{s^2}$$

an.

Trotz des guten Messergebnisses blieben einige Faktoren unberücksichtigt. So hängt die Genauigkeit der Bestimmung von g hauptsächlich von der Genauigkeit der Längenbestimmung und Periodendauermessung ab. Die entstehenden Fehler durch Auftrieb und Amplitudenabhängigkeit, deren Einfluss noch genau geklärt werden müsste, sind um mindesten eine Größenordnung kleiner als die Fehler der Zeit und Längenmessung.

Einen weiteren Einfluss haben die Reibung und die damit verbundene Dämpfung, mögliche Temperatureffekte, die Inhomogenität des Erdgravitationsfeldes, sowie Luftbewegungen im Raum selbst.

Bevor man deren Einfluss jedoch Signifikant feststellt, müssen erst die Messmittel genauer werden.

Eine weniger aufwändige Maßnahme zur Minimierung der Abweichung wäre eine Vorrichtung, die es ermöglicht das Pendel immer aus der selben Lage in Schwingung zu versetzen.

7 Anhang

7.1 Messwerttabellen und Versuchsprotokoll

Messung	l [mm]
1	973.05
2	973.04
3	973.03
4	973.03
5	973.04
6	973.01
7	973.04
8	973.04
9	973.03
10	973.05

Tabelle 1: Schneidenabstand

Δx [Ringmarken]	T_{1_2} [s]	T_{2_2} [s]
0	4.011	4.299
2	3.988	4.066
4	3.967	3.901
6	3.949	3.782
8	3.933	3.711
10	3.919	3.662
12	3.907	3.638
14	3.897	3.629
16	3.891	3.633
18	3.888	3.649
20	3.887	3.675
22	3.890	3.707
24	3.895	3.745
26	3.904	3.788
28	3.918	3.834
30	3.935	3.883
32	3.957	3.934
34	3.983	3.988
36	4.014	4.043

Tabelle 2: Periodendauer - Masseverteilung

Δx [Umdrehungen]	$T_{1_{10}}$ [s]	$T_{2_{10}}$ [s]
0	19.890	19.885
0.5	19.891	19.890
0.75	19.894	19.899
1	19.893	19.903

Tabelle 3: Präzisionsbestimmung

s [cm]	T_{10} [s]
2	19.893
3	19.894
4	19.893
5	19.893
6	19.893
8	19.895
9	19.895

Tabelle 4: Amplitudenabhängigkeit

6. Mai '09

Versuchsplatz 4

Messwerte		Aufgabe 2		
in Ringen	$2T_1$ (fix)	$2T_2$	in s	
0	4,011	04,299		0 → 4 Ringe von Fix-Masse
2	3,988	4,066		
4	3,967	3,901		2cm Auslenkung
6	3,949	3,782		
8	3,933	3,711		
10	3,919	3,662		
12	3,907	3,638		
14	3,897	3,629		
16	3,891	3,633		
18	3,888	3,649		
20	3,887	3,675		
22	3,890	3,707		
24	3,895	3,745		
26	3,904	3,788		
28	3,918	3,834		
30	3,935	3,883		
32	3,957	3,934		
34	3,983	3,988		
36	4,014	4,043		

Zeit

$$\frac{1s}{tag} \cdot Zeit$$

1 Digit

Auflösung 0,001

Längenmessung

Auflösung 0,01 mm

Reproduzierbarkeit 0,01 mm

Messunsicherheit

$$\pm (0,02 + 0,00005 \text{ mm}^{-1} L) \text{ mm}$$

Wahrscheinlichkeit
 1 ms^{-1}

Messgabel

$$d = (10,03 \pm 0,03) \text{ mm}$$

n	1	2	3	4	5	6	7
Q	973,05	973,04	973,03	973,03	973,04	973,07	973,04
n	8	9	10				
Q	973,04	973,03	973,05				

Aufgabe 3 Position Ring 3 von Fix
 Von 4 auf 3 zu geschraubt

1 Schraube $\approx 360^\circ$

Anzahl der Windungen	OT1	OT2	in sec
0	19,840	19,453	
2	19,846	19,555	
4	19,851	19,592	
6	19,855	19,622	
8	19,864	19,668	
10	19,868	19,704	
12	19,875	19,747	
14	19,882	19,815	

Auslenkung: $\approx 20\text{mm}$

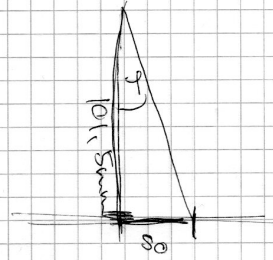
T

von 3 \rightarrow 2

0	19,890	19,885
2	19,897	19,927
1	19,893	19,903
0,5	19,891	19,890
0,75	19,894	19,899

Aufgabe A x_1 : Eingestellt

Om	s_0	10T	sec
2		19,893	
3		19,894	
4		19,893	
5		19,893	
6		19,893	
8		19,895	
9		19,895	



Obekante Fixmasse

P.S.H.