Versuchsbericht zu

S2 – Experimentieren, und dann?

Gruppe 6Mi

Alexander Neuwirth (E-Mail: a_neuw01@wwu.de)
Leonhard Segger (E-Mail: l_segg03@uni-muenster.de)

durchgeführt am 25.10.2017
betreut von
Christian ???

5. November 2017

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung

Die Messung des Ortsfaktor im Physikalischen Institut in Münster ergab einen Wert zwischen 10,5 und 11 m/s^2. Dabei wurde die Zeit gemessen die eine Metallkugel für eine feste Strecke vertikal zum Boden im freien Fall benötigt. Da dieser Wert eine große Abweichung von dem Erwartungswert der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt hat (9,813 m/s^2), stellte sich die Frage, ob der Ortsfaktor für Münster angepasst werden muss.

Um entscheiden zu können, ob eine Änderung des Wertes notwendig ist, wurden mehrere Reproduktionsmessungen durchgeführt. Diese Messungen bestehen aus dem Bestimmen der Zeiten die Fadenpendel verschiedener Längen für eine Periode benötigen.

2 Methoden

Um den Ortsfaktor mit einem Fadenpendel bestimmen zu können, haben wir die Formel für die Schwingdauer eines Fadenpendels verwendet.

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow g = 4\pi^2\frac{l}{T_0^2} \tag{1}$$

Da diese Formel durch eine Kleinwinkelnäherung ($\sin\varphi \approx \varphi$) zustande kommt, gilt es zu beachten, dass man das Fadenpendel initial nicht zu weit auslenkt. Des Weiteren haben wir uns entschieden immer die Zeit für 20 Schwingungsperioden zu messen, da sich so der Reaktionsfehler zum Start und Ende der Messung reduzieren lässt. Als Anfangs- und Endpunkt unserer Messung haben wir die Ruhelage des Pendels gewählt. Wir haben uns für diesen Punkt entschieden, da sich das Pendel in diesem Punkt mit näherungsweise konstanter Geschwindigkeit bewegt und somit ist es leichter Reaktionsfehler auszugleichen. Ein alternativer Punkt wäre der Wendepunkt des Pendels gewesen, jedoch ist der exakte Zeitpunkt schwerer zu erkennen, da sich das Pendel langsamer bewegt und somit ist der Zeitraum, in dem das Pendel scheinbar stillsteht, groß und das Ende der Bewegung schwer genau zu erkennen.

Sollten zusätzliche Schwingungen in andere Richtungen als die der initialen Auslenkung auftreten, so betrachten wir diese nicht weiter, da wir davon ausgehen, dass diese Schwingungen sich mit der zu messenden lediglich überlagern und (sofern sie nicht zu groß sind) keine Auswirkung auf die Messung haben.

3 Ergebnisse

3.1 Messungen

3.1.1 Konstante Länge

Gemessen wurden 5 x 20 Schwingungen.

- Unsicherheit von l:
  - ± 0.5cm Abweichung, WDF Dreieck, Standardabweichung (Typ B): $u_B(l) = \frac{1\text{cm}}{2\sqrt{6}} = 0.2\text{cm}$
- Unsicherheit von $\bar{T}$:
  - Standardabweichung Mittelwert (Typ A): $u_A(\bar{T}) = 0.0007\text{s}$
  - Reaktionszeit ± 0.19s, (Typ B): $u_B(\bar{T}) = \frac{2\cdot 0.19\text{s}}{2\sqrt{3}*20} = 0.0055\text{s}$
  - Komb. Unsicherheit: $u_C(\bar{T}) = \sqrt{(0.0007\text{s})^2 + (0.0055\text{s})^2} = 0.0055\text{s}$

Länge des Pendels: $l = 114 \pm 0.2\text{cm}$
Mittelwert Schwingungsperiode: $\bar{T} = 2.1477 \pm 0.0055\text{s}$

Aus (1) folgt $g = 9.757\text{m/s}^2$. Die kombinierte Unsicherheit von g ergibt sich aus

$$u(g) = g * \sqrt{\left(\frac{u(l)}{l}\right)^2 + \left(2\frac{u(\bar{T})}{\bar{T}}\right)^2} = 0.054\text{m/s}^2$$

$$\Rightarrow g = (9.757 \pm 0.054)\text{m/s}^2$$

3.1.2 Verschiedene Längen

Gemessen wurden 2 x 20 Schwingungen bei 5 verschiedenen Längen l.
In der Formel der Schwingperiode (1) ist ein wurzelförmiger Zusammenhang zwischen der Periode T und dem Verhältnis $\frac{l}{g}$, deshalb sind in Abb. 1 die Quadrate der Schwingungsperiode T über l aufgetragen. Aus den gemessenen Perioden ergab sich eine lineare Fitgerade mit der Steigung

$$m = \frac{4\pi}{g} = (4{,}0925 \pm 0{,}0628)\,\mathrm{s}^2/\mathrm{m}$$

Die Unsicherheit $u(g)$ ergibt sich aus

$$u(g) = 4\pi^2 \frac{u_{\leq 10}(m)}{m^2} = 4\pi^2 t_{68}(3) \frac{u(m)}{m^2} = 0.18 \mathrm{m/s}^2$$

und somit ergibt sich der Ortsfaktor $g = (9{,}65 \pm 0{,}18)\,\mathrm{m/s}^2$

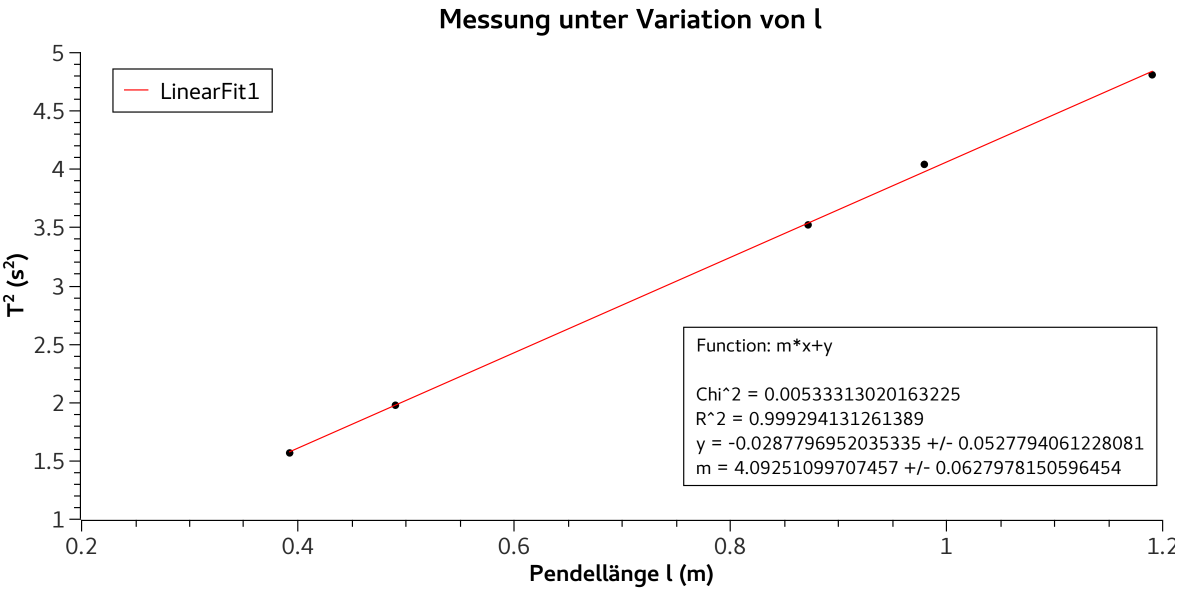

Abbildung 1: Messdaten Fadenpendel

Anmerkung: Die Fehlerbalken sind kleiner als die Symbole:

- $u(l) = 0.2\mathrm{cm}$
- $u(T^2) = 2Tu(T) = 0.0014s \cdot T$

3.1.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Der Ortsfaktor wurde von uns als $(9.757 \pm 0.053)\mathrm{m/s}^2$ ermittelt. Die Angabe des PTBs ($9.813\ \mathrm{m/s}^2$) liegt innerhalb der Abweichung des von uns ermittelten Wertes. Folglich unterstützen unsere Messungen die Literaturwerte und lassen auf keine der Erwartung widersprechende Fallbeschleunigung in Münster schließen.

4 Schlussfolgerung

Alles in allem ließen sich die Werte des Fallturm-Experiments nicht mittels eines Fadenpendels reproduzieren. Folglich ist davon auszugehen, dass die Ortsfaktorangabe des Physikalisch-Technischen Bundesanstallt nicht überdacht werden muss. Vorerst denkbar wäre auch eine lokale Beschränkung der Gravitationsanomalie auf den konkreten Raum der Messung. Dies wirkt bei genauerer Betractung jedoch unwahrscheinlich, da für die Schwankungen der Fallbeschleunigung auf der Oberfläche Zentrifugalkraft, Erdabplattung und Höhenprofil verantwortlich sind. Diese Faktoren ändern sich nicht merklich in unterschiedlichen Räumen eines Instuts. Außerdem schwankt laut einem Artikel in „Geophysical Research Letters“ [**Fall**] die Fallbeschleunigung auf der Erdoberfläche lediglich zwischen $976\,392 \cdot 10^{-5}\,\mathrm{m/s^2}$ und $981\,974 \cdot 10^{-5}\,\mathrm{m/s^2}$. Deshalb ist eine Abweichung, wie sie im Fallturm-Experiment gemessen wurde, unrealistisch. Um die Gründe für die überraschende Messung der münsteraner Fallturm-Physiker herauszufinden, müsste mehr über die Rahmenbedingungen ihres Experiments und das zugrunde liegende Modell bekannt sein.