SYPT 2020

Friction Oscillator

Cajetan Tulej (2a), **Moritz** Tschudin (5d), **Vincent** Grumbacher (5d)

GKGresearch Forschung begeistert!

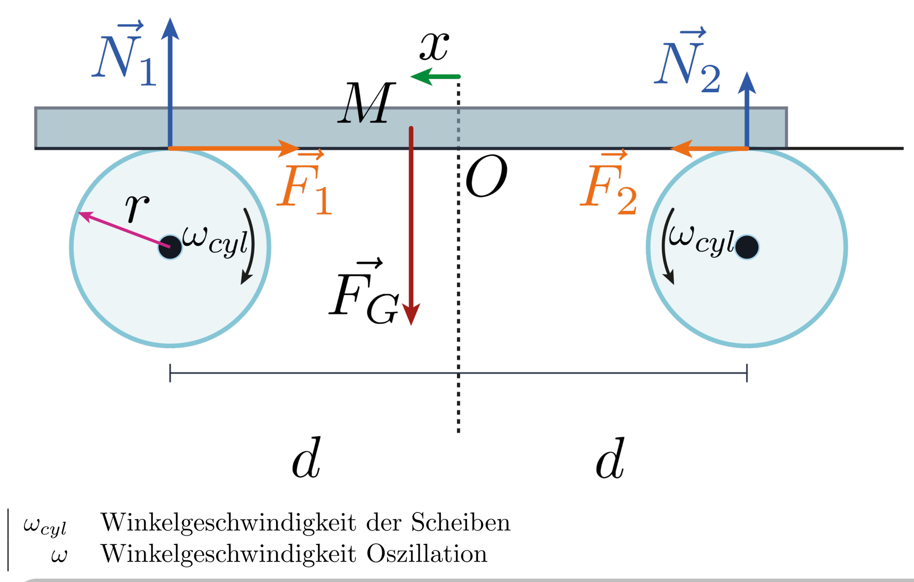
Universität Basel

SYPT *Where tomorrow's scientists meet.*

Aufgabenstellung:

A massive object is placed onto two identical parallel horizontal cylinders. The two cylinders each rotate with the same angular velocity, but in opposite directions. Investigate how the motion of the object on the cylinders depends on the relevant parameters.

Prinzip Oszillation



Wird eine Stange auf zwei sich gegeneinander rotierenden Scheiben platziert und um die Strecke x verschoben, wirken unterschiedlich grosse und gegeneinander gerichtete Reibungskräfte, welche die Stange auf den Scheiben oszillieren lassen. Das Phänomen entspricht einer harmonischen Schwingung und soll genauer untersucht werden.

Theorie

$$F_t = F_1 - F_2 = \mu_k(N_1 - N_2)$$

$$N_1 = \frac{d-x}{2d} \cdot F_G,\ N_2 = \frac{d+x}{2d} \cdot F_G$$

$$F_t = -\frac{x \cdot \mu_k \cdot \cancel{m} \cdot g}{d} = \cancel{m}\ddot{x}$$

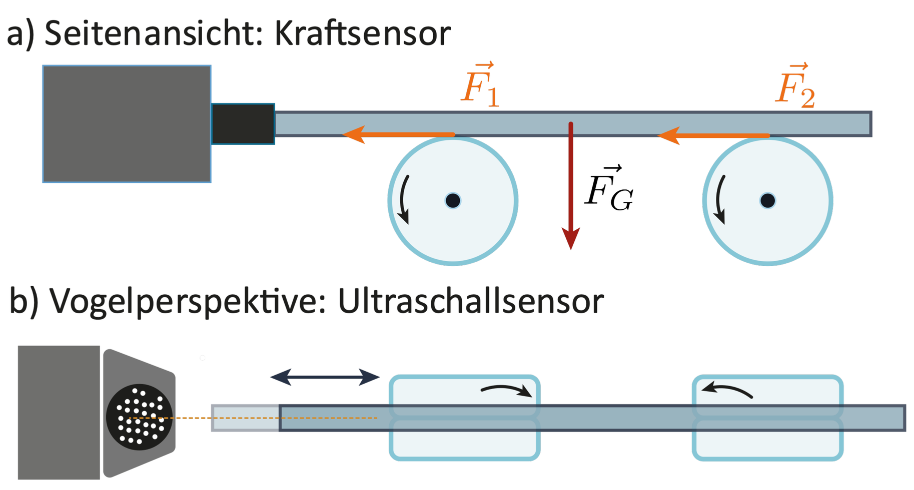
$$\Longrightarrow x(t) = \sqrt{{x_0}^2 + \frac{v_0}{\omega}} \cdot \sin(\omega \cdot t - \varphi)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g \cdot \mu_k}{d}}$$

F_t	Kraft-Total	d	Halbe Distanz zw. Zyl.
F_1, F_2	Reibungskraft	x	Verschiebung. bzg. Mitte
F_G	Gravitationskraft	t	Zeit
μ_k	Gleitreibungskoeffizient	x_0	Startposition
N_1, N_2	Normalkraft	v_0	Startgeschwindigkeit
ω	Kreisfrequenz (Oszillation)	φ	Verschiebungswinkel

Durch die Verschiebung kann auf einer Seite eine höhere Normalkraft entstehen, welche in einer grösseren Reibungskraft resultiert. Die resultierende Kraft, ist die Differenz der beiden Reibungskräften. Diese ist gleich dem Produkt aus der Masse und der zweiten Ableitung des Weges nach der Zeit. Durch das lösen der Differentialgleichung erhalten wir eine Funktion, welche eine harmonische Schwingung beschreibt. Wir sehen, dass die Masse keinen Einfluss haben sollte und die gesamt Schwingung lediglich g, μ_k und d abhängt.

Setup und Probleme



a) Für die Bestimmung des Gleitreibungskoeffizienten, drehen die beiden Scheiben in die gleiche Richtung. Somit zeigen die Reibungskräfte (orange) in die gleiche Richtung. Sie drücken den Stab auf einen Kraftsensor. Durch das Verhältnis der Reibungskraft (gemessen) und der Gravitationskraft, lässt sich dieser materialabhängige Koeffizient einfach bestimmen. Unsere Messungen habe gezeigt, dass die Geschwindigkeit der Scheiben (ω_{cyl}) keinen Einfluss auf den Koeffizienten hat.

b) Die Scheiben drehen gegeneinander, wodurch die Stange oszilliert. Mit einem Ultraschallsensor wird der Abstand zwischen dem Stangenende und dem Sensor gemessen. Somit kann die Bewegung als Schwingung aufgezeichnet werden und mit der theoretisch Schwingung direkt verglichen werden (siehe Daten-Auswertung).

Unsere Leitfragen:

- Ist die Oszillation wirklich nur von μ_k und d abhängig?
- Wie genau sind unsere Messwerte, verglichen mit unserem theoretischem Modell?
- Was für Störeffekte gibt es und wie lassen sich diese verringern?

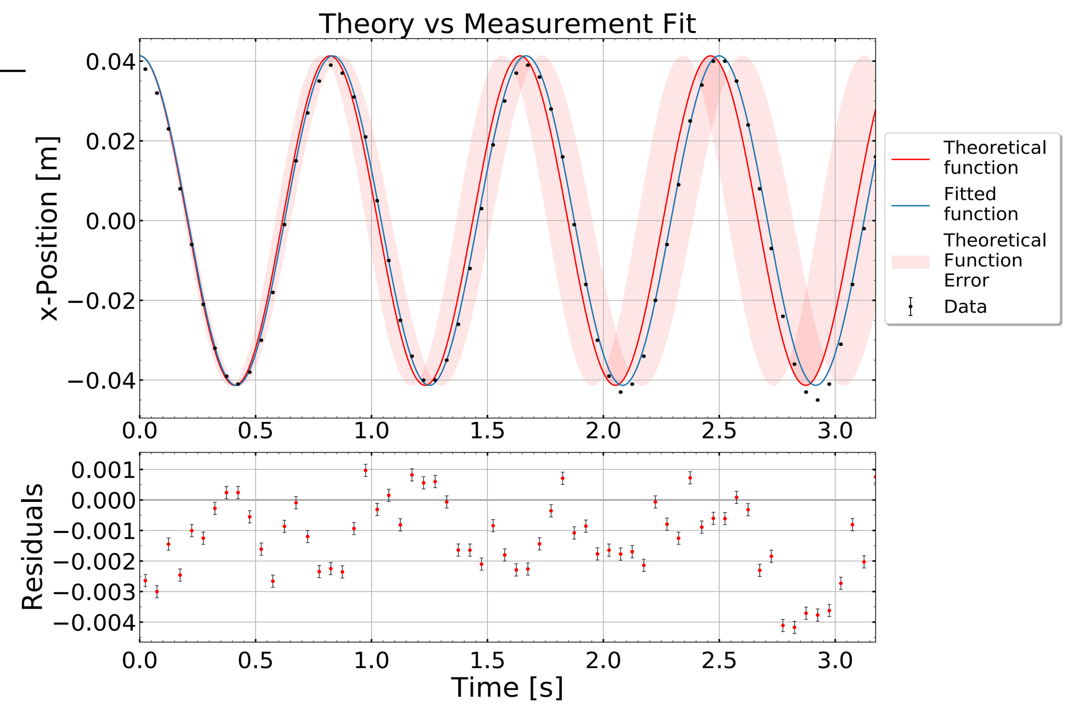
Daten-Auswertung

Vergleich: Theoretisches Modell vs. Gemessene Daten

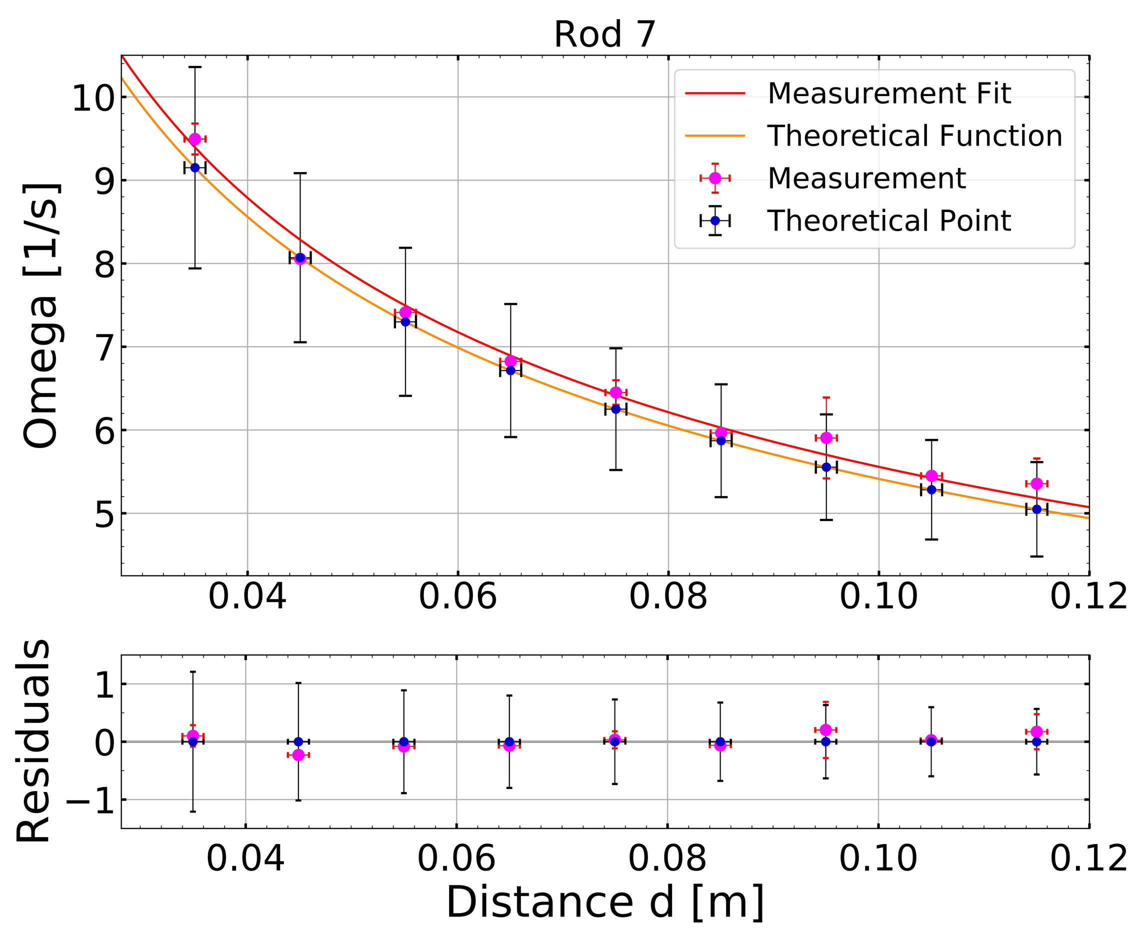
a) Bei den Stangen 2.1 und 6.1 wurde zusätzliches Gewicht an die Stangen befestigt. Dies führt zu einer erhöhten Gewichtskraft, aber einer praktisch gleichbleibenden Oberflächenbeschaffenheit. Laut der Theorie sollte der Reibungskoeffizient gleich sein. Jedoch sind diese wesentlich grösser als die, der Stangen 2 und 6.

b) Unsere Messungen streuen passend um die Sinus-Fit-Funktion und können recht gut mit der theoretischen Kurve verglichen werden. Man sieht im Diagramm, dass eine Frequenzdifferenz zwischen den beiden Funktionen vorhanden ist. Dies liegt vermutlich an Messfehlern beim bestimmen von ω.

$\#_{Rod}$	μ_k-Coefficient
1	0.40 ± 0.04
2	0.28 ± 0.02
2.1	0.37 ± 0.07
3	0.23 ± 0.56
4	0.31 ± 0.48
5	0.073 ± 0.001
6	0.30 ± 0.03
6.1	0.45 ± 0.04



Omega als Funktion in Abhängigkeit von der Distanz d



Bei dieser Messung wurde anhand des bestimmten Reibungskoeffizienten und der Distanz d das theoretische ω berechnet und als „Theoretical Function" geplottet. Diese wurden dann mit den gemessenen ω-Werten verglichen. Die grossen Fehlerbalken der theoretischen Kurvenpunkte kommen davon, dass das berechnete μ_k eine relativ grosse Unsicherheit besitzt.

Das der „ Measurement Fit" höher als die theoretische Funktion liegt, ist auf die Messungenauigkeit hinaus zuführen.
Beim Residuum sehen wir, dass die Punkte gut um die Fit-Kurve herum streuen.

Problem der gegenseitigen Abnutzung

Die gegenseitige Abnutzung der Stange und der Scheiben ist das grösste Problem, dass wir bei allen Materialien feststellten. Sie können ein Grund für eine Änderung des Reibungskoeffizienten sein, was die ganze Oszillation beeinflussen würde. Durch die Abnutzung entstehen z.B. Rillen in den Scheiben, was zu anderen Messergebnissen führt. Das Ganze muss noch genauer untersucht werden.

Zusammenfassung

Wir konnten bisher zeigen, dass unser Versuchsaufbau gute Messdaten liefern kann. Die Frequenz, respektive die Periodendauer hängt lediglich mit Reibungskoeffizienten μ_k, der Distanz d zwischen den Scheiben und theoretisch der Gravitationskonstante g zusammen (welche nicht wirklich stark veränderbar ist). Unsere Messungen sind weitgehend abgeschlossen. Jedoch möchten wir noch das Problem der Abnutzung sowie das verändern der Masse genauer untersuchen. Des Weiteren möchten wir noch die Daten besser analysieren und entsprechend auswerten.

- Warum lieferte uns eine vergrösserte Masse andere Messergebnisse?
- Wie fest und in welcher Form, spielt die Abnutzung der Scheibe und der Stange eine Rolle? Wie verändert sich der Reibungskoeffizient über die Zeit?
- Warum steigt manchmal die Amplitude an, fällt jedoch auch teils wieder?