

# Versuch 3: Schiefe Ebene

Jascha Fricker, Benedict Brouwer

6. April 2022

## Abstract

Schon Galileo hat mit schiefen Ebenen experimentiert und auch heute ist die schiefe Ebene ein viel benutztes Modell. Auch in diese Versuch betrachten wir eine Schiefe Ebene, messen die Kraftkomponenten und die Reibung.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Kräftezerlegung</b>	<b>2</b>
1.1	Theorie & Experimenteller Aufbau . . . . .	2
1.2	Ergebnisse & Diskussion . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Haftreibung</b>	<b>3</b>
2.1	Theorie & Experimenteller Aufbau . . . . .	3
2.2	Ergebnis & Diskussion . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Gleitreibung</b>	<b>4</b>
3.1	Theorie & Experimenteller Aufbau . . . . .	4
3.2	Ergebnis & Diskussion . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>4</b>

# 1 Kräftezerlegung

## 1.1 Theorie & Experimenteller Aufbau

Bei einer schiefen Ebene zerlegt sich die wirkende Gravitationskraft in zwei Teilkräfte.

$$\text{Normalkraft} \quad F_{\perp} = F_g \cos \alpha \quad (1)$$

$$\text{Tangentialkraft} \quad F_{\parallel} = F_g \sin \alpha \quad (2)$$

Im Experiment werden diese Kräfte mit zwei Kraftmessern für unterschiedliche Winkel  $\alpha$  bestimmt.

## 1.2 Ergebnisse & Diskussion

Im Graph 1 sind die berechneten Kraftquotienten bezüglich der verschiedenen Winkel aufgetragen. Es kann erkannt werden, dass die Messwerte sehr stark von den Theoriekurven abweichen, dies liegt wahrscheinlich am ungenauen Versuchsaufbau.

In diesem Versuch wurden die Unsicherheiten des Kraftmessers (Schrittweite), die Unsicherheit der Waage (1g) sowie die Unsicherheiten der Winkelmessung (Schrittweite 1mm) berücksichtigt. Durch den Versuchsaufbau konnte nicht verifiziert werden, dass die Normalkraft genau senkrecht anliegt. Anhand der Daten lässt sich ein Unsicherheitsintervall von etwa  $3,5^\circ$  ableiten, welches auch zu Beobachtungen bei der Versuchsdurchführung passt. Für die Unsicherheiten wurde erst der Mittelwert [1, (29)] mit und die Standardabweichung mithilfe der Student-t-Verteilung [1, (15)] der beiden Kräfte berechnet, um dann mithilfe der Gaußschen Fehlerfortpflanzung [1, (19)] die Unsicherheit der Quotienten zu berechnen.

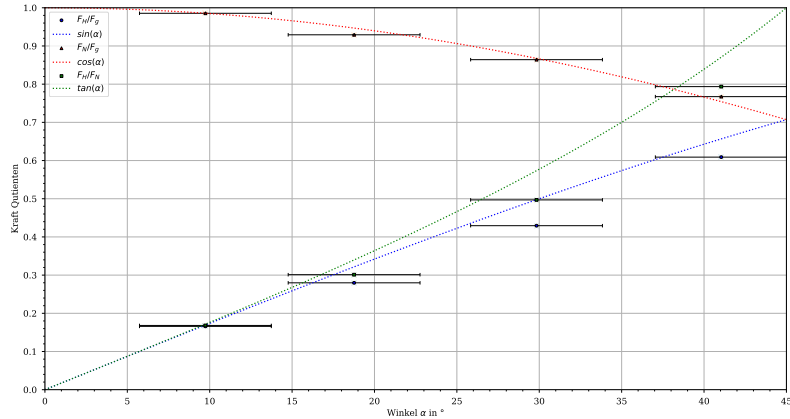


Abbildung 1: Kraftquotienten der Kräftezerlegung

## 2 Haftreibung

### 2.1 Theorie & Experimenteller Aufbau

Die Haftreibung ist die Reibungskraft, die existiert, wenn ein Körper sich nicht bewegt. Die Haftreibungskraft

$$F_H = \mu_H \cdot F_n \quad (3)$$

ist proportional zur Normalkraft und zur Haftreibungskonstante  $\mu_H$ . Um diese zu messen, wird mit einem Kraftmesser tangential Kraft an die Masse angelegt. Diese wird langsam erhöht. Sobald die Masse anfängt zu rutschen, wird die direkt vorher angelegte Kraft als Haftreibungskraft notiert.

### 2.2 Ergebnis & Diskussion

In Graph 1 kann anhand der Steigung der Ursprungsgerade der Haftreibungskoeffizient

$$\mu_H = 0,155(87) \quad (4)$$

bestimmt werden. Die große Abweichung der einzelnen Messungen liegt wahrscheinlich an der Inhomogenität der Haftreibung abhängig vom Ort, an dem gemessen wurde. Auch beim 3. Versuch haben wir diesen Effekt bei der Gleitreibung bei kleinen Winkeln bemerkt. Der Fehler wurde durch programmatisches Ausrechnen von  $\mu_H$  für jeden einzelnen Punkt und anschließend dem bestimmen des gewichteten Mittelwerts mit Ungenauigkeit [1, (29)] berechnet.

### 3 Gleitreibung

#### 3.1 Theorie & Experimenteller Aufbau

Die Gleitreibung ist im Gegensatz zur Haftreibung die Reibung, die entsteht, während der Körper gleitet. Wenn ein Körper eine schiefe Ebene hinuntergleitet, hat er folgende Bewegungsgleichung:

$$\text{ohne Reibung: } s(t) = \frac{g \cdot \sin(\alpha)}{2} \cdot t^2 + v_0 \cdot t + x_0 \quad (5)$$

$$\text{mit Reibung: } s(t) = g \cdot \frac{\sin(\alpha) - \mu_G \cos(\alpha)}{2} \cdot t^2 + v_0 \cdot t + x_0 \quad (6)$$

Aus der 2. Ableitung  $a$  der Theorieparabel kann die Gleitreibungskonstante

$$a = g \cdot (\sin(\alpha) - \mu_G \cos(\alpha)) \quad (7)$$

$$\Rightarrow \mu_G = \tan(\alpha) - \frac{a}{g \cdot \cos(\alpha)} \quad (8)$$

berechnet werden

#### 3.2 Ergebnis & Diskussion

Im Graph ? wurden die Verhältnisse  $\frac{a}{g}$  zu  $\alpha$  aufgetragen. Anhand der Ausgleichskurve kann die Gleitreibung

$$\mu_G = \quad (9)$$

berechnet werden. Für diesen Versuch wurden die Fehler der Winkelmessung nicht berücksichtigt, da sie viel kleiner als die Abweichungen der Ultraschallmessung sind. Letztere ist sehr ungenau, es entstehen manchmal Abweichungen von bis zu 20cm. Für die Fehlerberechnung wurde zuerst von den Beschleunigungen der Fehler der Fits bestimmt und ein gewichtetes Mittel der 3 verschiedenen Messreihen mit gleichem Winkel gebildet. Aus diesen Werten wurden die einzelnen  $\mu_G$  der 4 verschiedenen Winkel bestimmt, bevor diese dann wieder mit einem gewichteten Mittel in einem Gesamtwert für  $\mu_G$  zusammengefasst wurden.

### 4 Zusammenfassung

Im Gegensatz zu vorangegangenen Experimenten entstanden bei diesen Versuchen sehr große Unsicherheiten. Es kann aber bei jedem Experiment benannt werden, wo die Ungenauigkeiten herkommen. Auch in den Ergebnissen erkennt man diese große Ungenauigkeit. Ohne veränderte Versuchsaufbauten sind viel genauere Ergebnisse aber wahrscheinlich nicht zu erreichen.

## Literatur

- [1] Technische Universität München. Hinweise zur Beurteilung von Messungen, Messergebnissen und Messunsicherheiten (ABW). <https://www.ph.tum.de/academics/org/labs/ap/org/ABW.pdf>, März 2021.