

# Versuch 3: Schiefe Ebene

Jascha Fricker, Benedict Brouwer

21. April 2022

## Einleitung

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>4</b>
2.1	Theorie & Experimenteller Aufbau . . . . .	4
2.2	Ergebnis & Diskussion . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Gleitreibung</b>	<b>5</b>
3.1	Theorie & Experimenteller Aufbau . . . . .	5
3.2	Ergebnis & Diskussion . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>7</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 Winke  $\alpha$  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)] 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.

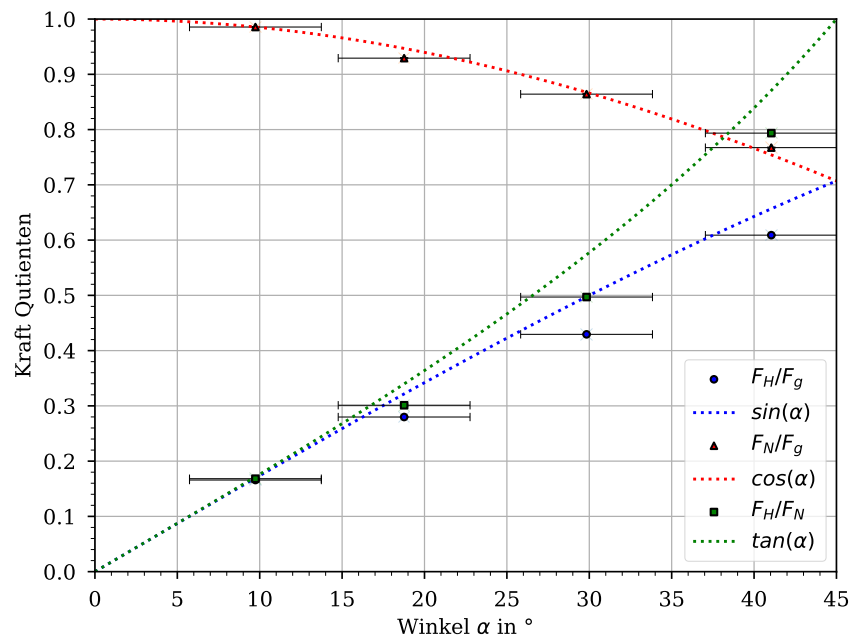


Abbildung 1: Kraftquotienten der Kräftezerlegung. Die Fehlerbalken in y Richtung sind so klein, dass sie nicht dargestellt werden können.

## 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 2 kann anhand der Steigung der gefitteten Ursprungsgeraden der Haftreibungskoeffizient

$$\mu_H = 0,1582(26) \quad (4)$$

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 das Fitten der Gerade an alle Messwerte berechnet. Durch die große Anzahl an Messungen konnte die Unsicherheit eines einzelnen Fehlers vernachlässigt werden.

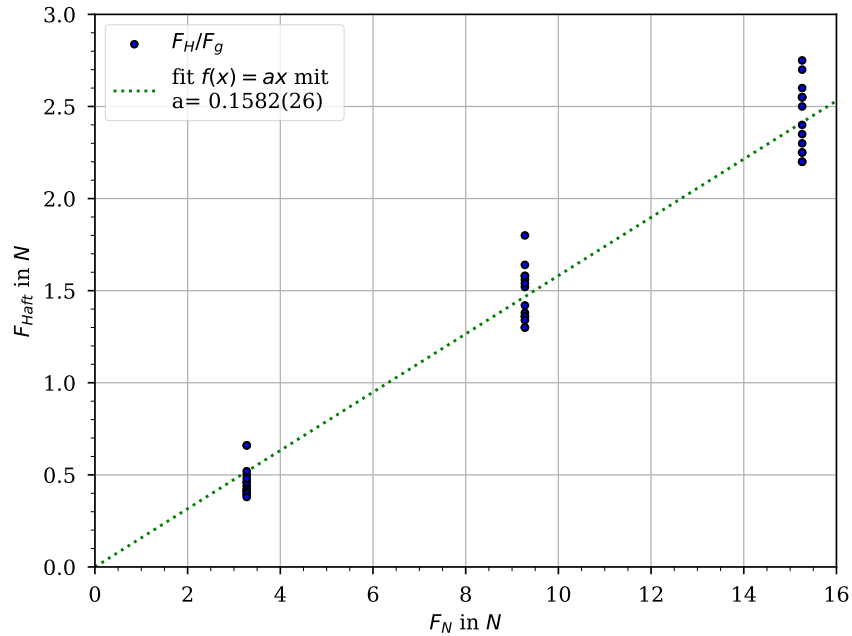


Abbildung 2: Messung der Reibungskraft

### 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 (Siehe [2, (7)]). In diesem Versuch wurde mithilfe eines Ultrachallmessers die Bewegungsgleichung des “Rutschers” auf einer schiefen Ebene bestimmt und ausgewertet, um die Gleitreibung zu bestimmen.

### 3.2 Ergebnis & Diskussion

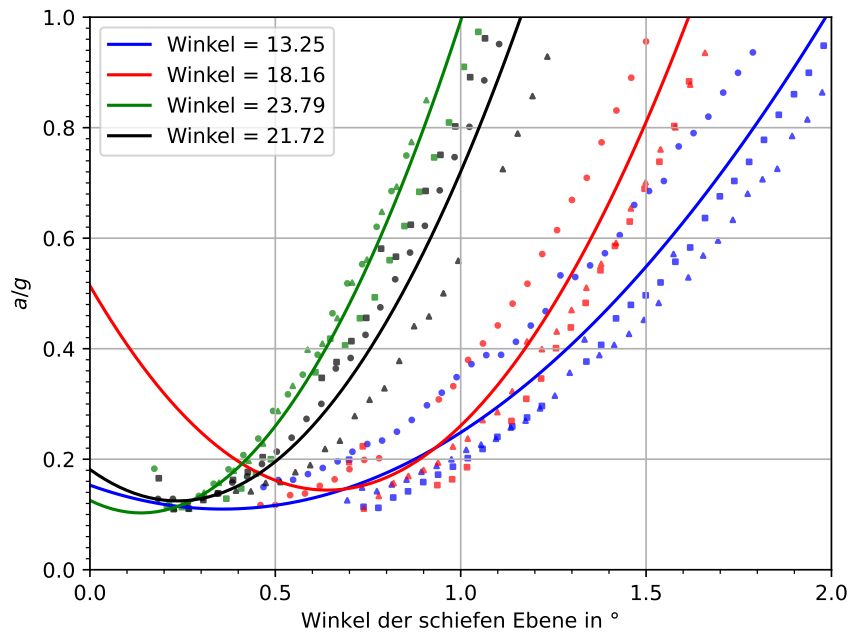


Abbildung 3: Messwerte

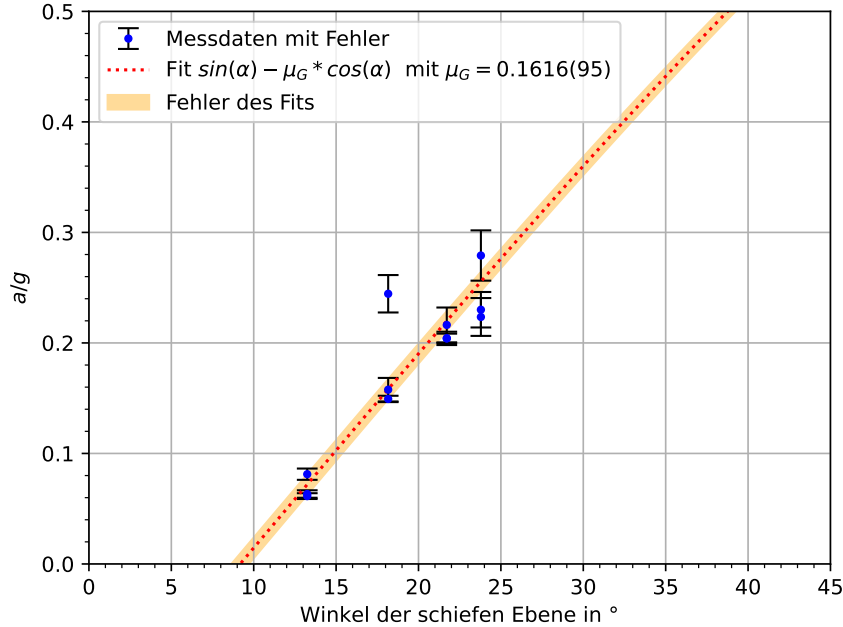


Abbildung 4: Messung der Gleitreibung

Im Graphen 3 werden die Messdaten und Durchschnittsparabeln dargestellt. An jede Messreihe wurde einzeln eine Parabel gefittet und anschließend der gewichtete Mittelwert der Parameter bestimmt, um die Durchschnittsparabeln aufzustellen. Im Graph 4 wurden die Verhältnisse  $\frac{a}{g}$  zu  $\alpha$  aufgetragen. Anhand der Ausgleichskurve kann die Gleitreibung

$$\mu_G = 0,1616(95) \quad (9)$$

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. Als Fehler wurde der Fehler des Fits der Theoriekurve von  $\mu_G$  (Siehe Graph 4) benutzt. Entgegen der Erwartung ist der gemessene Wert von  $\mu_G$  kleiner als  $\mu_H$ . Beide Werte liegen jedoch so nah bei einander und haben so große Unsicherheiten, dass diese theoretisch nicht mögliche Abweichungen durch die Unsicherheit in der Messung begründet werden kann.

## 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.
- [2] Technische Universität München. Aufgabenstellung Schiefe Ebene (SEB). <https://www.ph.tum.de/academics/org/labs/ap/ap1/SEB.pdf>, August 2021.