

Experimentelle Übungen I

# Versuchsprotokoll M4

Stoßgesetze

Hauke Hawighorst, Jörn Sieveneck

Gruppe 9

`h.hawighorst@uni-muenster.de`

`j_siev11@uni-muenster.de`

betreut von

Semir Vrana

13. Dezember 2017

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Zusammenfassung</b>	<b>1</b>
<b>2. Methoden</b>	<b>1</b>
<b>3. Ballistisches Pendel</b>	<b>1</b>
<b>4. Schlussfolgerung</b>	<b>4</b>
<b>A. Anhang</b>	<b>5</b>
A.1. Verwendete Gleichungen . . . . .	5

## **1. Zusammenfassung**

In den im folgendem beschriebenen Experimenten ging es um die Beschreibung verschiedener näherungsweise Elastischer Stoßprozesse. In dem ersten Teil wurden zwei in einer ebene hängenden Kugeln betrachtet, die nach Auslenkung einer Kugel gegeneinander stoßen. Mithilfe der Gemessenen Auslenkung der Kugeln wurde das Gewichtsverhältnis bestimmt.

## **2. Methoden**

### **Balistisches Pendel**

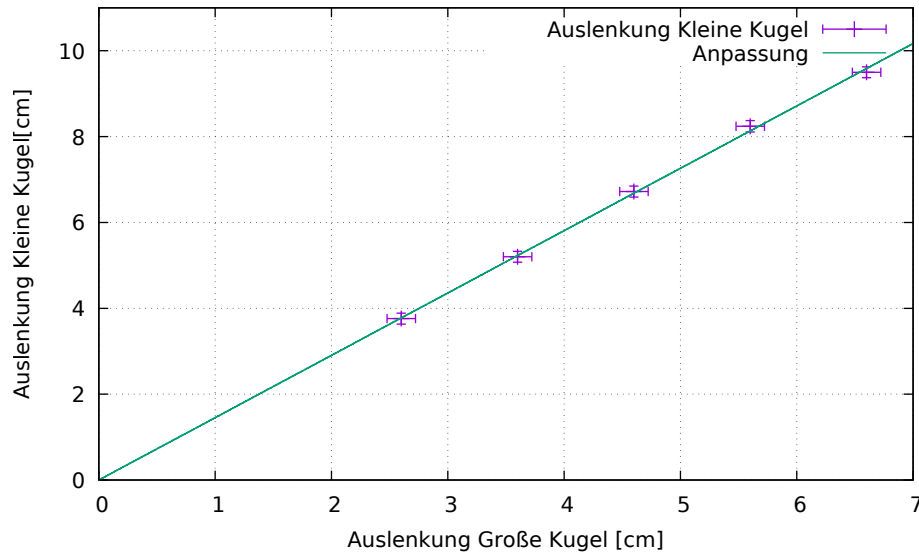
In diesem Teil des Experimentes wurde das Verhalten zweier Unterschiedlich großer Kugeln beim Zusammenprall beobachtet. Zu diesem Zweck wurden diese Kugeln so aufgehängt, dass ihr Schwerpunkt genau auf einer Ebene lag. Auf diese Weise konnte man den Stoßprozess durch einen idealen Elastischen Stoß nähern. Es wurden zwei Messreihen aufgenommen: Einmal wurde die kleine Kugel ausgelenkt und einmal wurde die große Kugel ausgelenkt. Für jede Kugel wurden fünf verschiedene Auslenkungen beobachtet und pro Auslenkung wurden fünf Messwerte aufgenommen. Um später beurteilen zu können wie gut sich die Prozesse durch einen elastischen Stoß nähern lassen wurden die Kugeln gewogen.

## **3. Ballistisches Pendel**

### **Beobachtung und Analyse**

Beobachtet wurde das bei Auslenkung der kleinen Kugel die große Kugel erwartungsgemäß im Vergleich zur Auslenkung der kleinen Kugel bei Aufprall ausgelenkt wurde während die kleine Kugel beim Zusammenstoß mit der kleinen Kugel deutlich stärker ausgelenkt wurde als die große Kugel.

Die bei den fünf Messreihen erhaltenen Messwerte wurden jeweils gemittelt und sind in den Abbildungen 1 und 2 zu sehen. Die Fehlerbalken ergeben sich aus den Gleichungen A.2, A.3 und A.4. Man erkennt das die Messwerte linear ansteigen. Da dies mit der



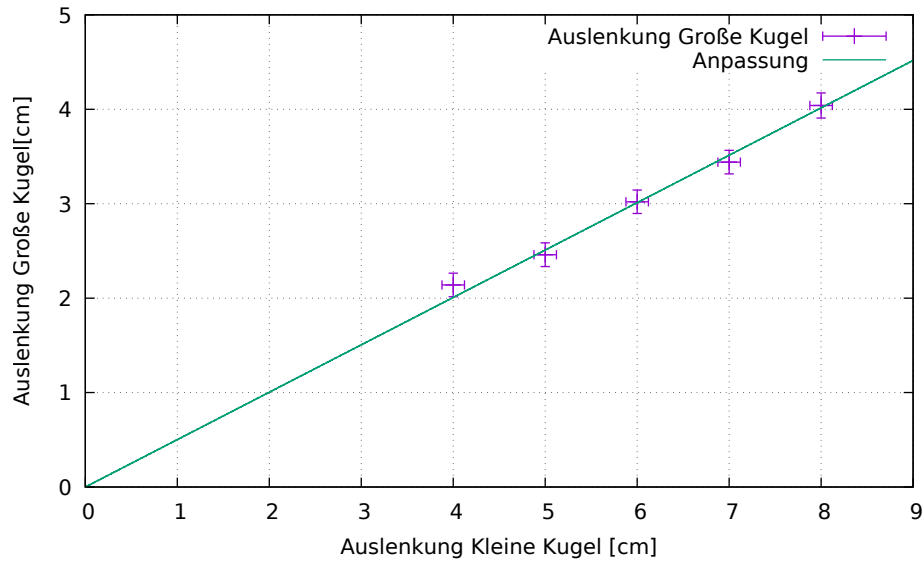
**Abbildung 1:** Zu sehen ist die Auslenkung der kleinen Kugel in Abhängigkeit von der Auslenkung der großen Kugel.

Theorie übereinstimmt (Die Auslenkung nach dem Stoß ist durch

$$a_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} a_1 \quad (3.1)$$

gegeben wobei  $m_1$  die Masse der ausgelenkten Kugel ist und  $a_1$  die Auslenkung von  $m_1$ ) wurden die Messwerte mit der Linearen Anpassung  $a_2 = b \cdot a_1$  angepasst. Und die Unsicherheit der Anpassung wurde aus Gnuplot entnommen. Um die Ergebnisse zu überprüfen wurde die Steigung  $b$  aus den Massen der Kugeln bestimmt. Die Unsicherheit der Masse, ist durch die Anzeigeungenauigkeit der Digitalen Waage, die auf zwei Nachkommastellen genau anzeigt, gegeben. Und somit folgt mit den Gleichungen A.1 und A.4. Der Vergleich der Werte ist in Tabelle 1 zu sehen. Man erkennt das die Werte zwar voneinander Abweichen jedoch nur um ca. 3% (Groß gegen Klein) bzw. um ca. 2% (Klein gegen Groß). Dies ist darauf zurückzuführen das es sich bei dem Untersuchten Stoß nicht um einen perfekten elastischen Stoß handelte bzw. das die Pendel nicht immer tatsächlich vollkommen ruhig hingen. Über das Verhältnis der Steigungen der Anpassungsfunktion

<sup>0</sup>Die Anpassung wurde durch „Gnuplot“ mit dem Levenberg–Marquardt Algorithmus vorgenommen.



**Abbildung 2:** Zu sehen ist die Auslenkung der großen Kugel in Abhängigkeit von der Auslenkung der kleinen Kugel.

erhält man ein auch das Gewichtsverhältnis, dass sich über:

$$\frac{b_1}{b_2} = \frac{m_1}{m_2} \quad (3.2)$$

( $b_1, m_1$  Steigung bzw. ausgelenktes Gewicht aus Abb. 1 und  $b_2, m_2$  Steigung bzw. ausgelenktes Gewicht aus Abb. 2) berechnen lässt. die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zu sehen. Man sieht das das aus den Massen berechnete Gewichtsverhältnis noch innerhalb der Unsicherheit des aus den Steigungen berechneten Verhältnisses liegt. Dies lässt darauf schließen, dass dieses verfahren recht genau ist.

	Steigung Theoretisch bestimmt	Steigung Experimentell bestimmt
Groß gegen Klein	$1,4870 \pm 0,0002$	$1,453 \pm 0,016$
Klein gegen Groß	$0,513 \pm 6 \cdot 10^{-5}$	$0,502 \pm 0,006$

**Tabelle 1:** Zu sehen sind die Steigungen der in Abb. 1 und 2 zu sehenden Anpassungsgeraden.

Gewichtsverhältnis aus den Gewichten	Gewichtsverhältnis aus der Steigung
$0,3451 \pm 6 \cdot 10^{-6}$	$0,3455 \pm 0,0040$

**Tabelle 2:** Zu sehen ist hier das Gewichtsverhältnis der Kleinen Kugel zur Großen Kugel.

## 4. Schlussfolgerung

Im Laufe des Experimentes stellte sich heraus, dass sich einfache Stöße näherungsweise durch elastische Stöße beschreiben lassen (vgl. 3). Versucht man jedoch kompliziertere Stöße damit zu beschreiben, so stellt man fest, dass die Ergebnisse deutlich von den erwarteten Werten abweichen (Vgl. In dem soeben genannten Beispiel sind die Abweichungen darauf zurückzuführen, dass bei einem elastischen Stoß davon ausgegangen wird, dass der Impuls vollkommen auf die Zweite Kugel (die Kugel gegen die die erste Kugel stößt) übertragen wird. Während der Durchführung wurde jedoch beobachtet, dass sich beide Kugeln nach dem Stoß bewegten. Dies wurde bei den Berechnungen nicht berücksichtigt. Der Grund, warum dieses Experiment durchgeführt wurde, ist, dass viele Modelle in der Physik auf sie zurückgreifen, um verschiedene Prozesse zu beschreiben. Zum Beispiel den Zusammenprall von Teilchen auf atomarer Ebene. Bei diesen Prozessen handelt es sich dann zwar nicht um elastische Stöße, das Prinzip ist jedoch ähnlich. Der Fall eines elastischen Stoßes wurde deshalb gewählt, weil er am einfachsten zu beschreiben ist.

## A. Anhang

### A.1. Verwendete Gleichungen

Standardunsicherheit der Rechteckverteilung  $u$  für die Intervallbreite  $a$ :

$$u = \frac{a}{2\sqrt{3}} \quad (\text{A.1})$$

Standardunsicherheit der Dreieckverteilung  $u$ :

$$u = \frac{a}{2\sqrt{6}} \quad (\text{A.2})$$

Standardunsicherheit des Mittelwertes der Normalverteilung  $u$  für die Messwerte  $x_i$  und den Mittelwert  $\bar{x}$ :

$$u(\bar{x}) = t_p \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad (\text{A.3})$$

Kominierte Standardunsicherheit der Messgröße  $g(x_i)$

$$u(g(x_i)) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial g}{\partial x_i} u(x_i) \right)^2} \quad (\text{A.4})$$