

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

1. Zusammenfassung	1
2. Methoden	1
3. Ballistisches Pendel	1
4. Schlussfolgerung	4
A. Anhang	5
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, dass die große Kugel beim Aufprall der kleinen Kugel ausgelenkt wurde und umgekehrt. Außerdem bewegte sich nur die zweite Kugel nach dem Zusammenstoß weiter. Die Kugel, die ausgelenkt wurde, stand nach dem Zusammenprall still. Dies ließ darauf schließen, dass es sich bei dem Stoßprozess um einen vollkommen elastischen Stoß handelte.

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

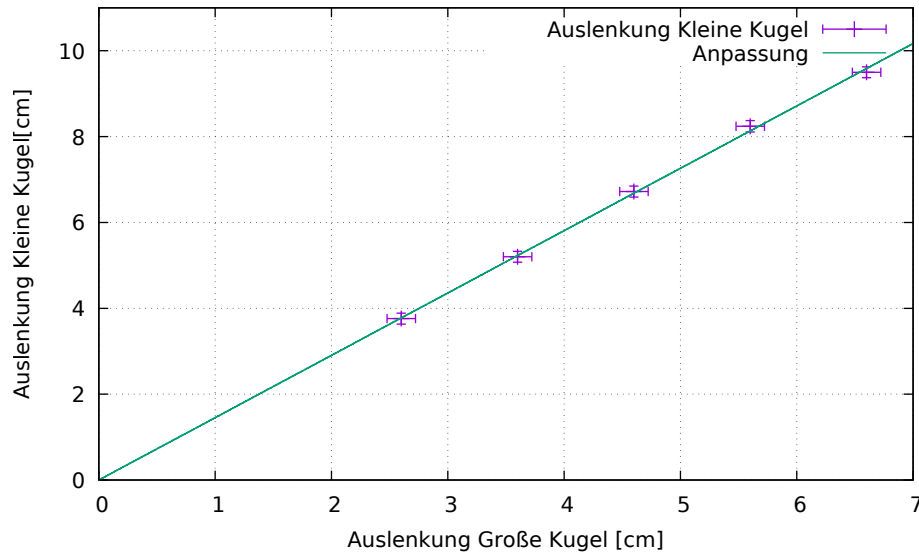


Abbildung 1: Zu sehen ist die Auslenkung der kleinen Kugel in Abhängigkeit von der Auslenkung der großen Kugel.

A.2, A.3 und A.4 wobei von einer Messungenauigkeit von $\pm 3\text{ mm}$ ausgegangen wurde. Man erkennt das die Messwerte linear ansteigen. Da dies mit der 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 $a_2 = b * a_1$ angepasst und die Unsicherheit der Anpassung wurde aus Gnuplot übernommen. 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 die für die den Massen berechnete Steigung Unsicherheit. Der Vergleich der Werte ist in Tabelle 1 zu sehen. Man erkennt, dass die Werte zwar voneinander Abweichen jedoch nur um ca. 3% (Groß gegen Klein) bzw. um ca. 2% (Klein gegen Groß). Dies ist darauf zurückzuführen, dass es sich bei dem untersuchten Stoß nicht um einen perfekten

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

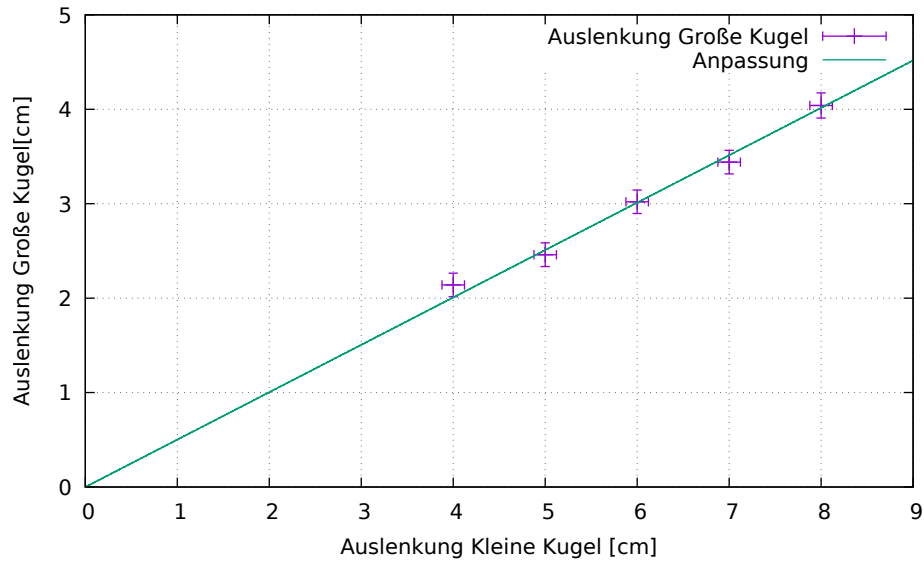


Abbildung 2: Zu sehen ist die Auslenkung der großen Kugel in Abhängigkeit von der Auslenkung der kleinen Kugel.

elastischen Stoß handelte bzw. dass das Pendel nicht immer tatsächlich vollkommen ruhig hingen. Über das Verhältnis der Steigungen der Anpassungsfunktion 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, dass 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.

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

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

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

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 $g(x_i)$

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