# Praktikum M1
# Stoß zweier Kreisscheiben

Alena Zwanzig (722348)
Harald Haakh (720708)

Messungen vom 15.01.2004

## 1 Auftreten von Hangabtriebs- und Reibungskräften

Zu überprüfen ist:

- Beschleunigung parallel zur Bewegungsrichtung (Veränderung des Geschwindigkeitbetrags)
- Beschleunigung senkrecht zur Bewegungsrichtung (Abweichen von einer geraden Linie)

Aus Grafik 1 ist zu erkennen, dass die Mittelpunkte der Kreisscheiben sich in guter Näherung geradlinig fortbewegen. Aufeinander folgende Bilder der Mittelpunkte sind äquidistant.
Damit kann das Auftreten deutlicher Hangabtriebs- und Reibungskräfte ausgeschlossen werden.

## 2 Erhaltung des Massenmittelpunktes

Die Bewegungslinie des Massenmittelpunktes erhält man als Linie durch die Mitten der Verbindungslinien der Scheibenmittelpunkte zu gleichen Zeitpunkten (siehe Grafik 1). Da es sich bei den Stoßpartnern um Zylinderscheiben - nicht um Punktmassen - handelt, gibt es beim Stoß eine Versetzung der Mittelpunktslinie. Die Bewegungslinien vor und nach dem Stoß sind aber parallel.

## 3 Impulserhaltung

### 3.1 Grafisch

Die Geschwindigkeitsvektoren $\vec{v_1}, \vec{v_1'}, \vec{v_2}, \vec{v_2'}$ wurden mit Hilfe eines Computergrafikprogramms direkt aus dem ausgewerteten Foto übernommen (Grafik 2).
Man sieht, dass $\vec{v_1} + \vec{v_2} = \vec{v_1'} + \vec{v_2'}$, da der resultierende Vektor beiden Parallelogrammen gemeinsame Diagonale ist.
Die Differenzvektoren $\vec{v_2'} - \vec{v_2} = \vec{v_1} - \vec{v_1'}$ sind parallel und gleichlang, d.h. sie lassen sich durch Verschiebung in einander überführen. Damit gilt offenbar der Impulserhaltungssatz.

### 3.2 Rechnerisch

#### 3.2.1 Nach gegebenen Gleichungen

Auf dem Papier erhält aus dem Abstand mehrerer Punkte und der Anzahl der Zeitschritte (Aufnahmen im Abstand $\Delta t = \frac{1}{f} = \frac{1}{20}s$) durch $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$:

$$v_1 = 19.52\frac{cm}{s} \qquad v_2 = 17.15\frac{cm}{s} \qquad v_1' = 13.31\frac{cm}{s} \qquad v_2' = 19.96\frac{cm}{s}$$

Außerdem ist $\Omega_2 = 76°, \Omega_1' = 73°, \Omega_2' = 11°$. Damit erhält man:

$$(v_1 + v_2\cos\Omega_2) - (v_1'\cos\Omega_1' + v_2'\cos\Omega_2') = (23.67 - 23.48)\frac{cm}{s} = 0.19\frac{cm}{s}$$

$$v_2\sin\Omega_2 - (v_1'\sin\Omega_1' + v_2'\sin\Omega_2') = (16.64 - 16.55)\frac{cm}{s} = 0.09\frac{cm}{s}$$

Die Abweichung beträgt $< 1\%$. Der Impulserhaltungssatz ist also erfüllt.

### 3.2.2 Durch Vektorzerlegung

Mit der Richtung von $v_1$ als x-Achse erhält man ausserdem folgende Zerlegungen der Geschwindigkeitsvektoren:

$$\vec{v_1} = (1,0)v_1 \qquad \vec{v_2} = (\frac{9}{46}, \frac{40}{46})v_1 \qquad \vec{v_1'} = (\frac{10}{46}, \frac{31}{46})v_1 \qquad \vec{v_2'} = (1, \frac{8}{46})v_1$$

Damit muss wieder $\vec{v_1} + \vec{v_2} = \vec{v_1'} + \vec{v_2'}$ gelten bzw.

$$(1,0)v_1 + (\frac{9}{46}, \frac{40}{46})v_1 = (\frac{10}{46}, \frac{31}{46})v_1 + (1, \frac{8}{46})v_1$$

$$(\frac{55}{46}, \frac{40}{46}) = (\frac{56}{46}, \frac{39}{46})$$

Das entspricht einer Abweichung von 2%. Die Ungenauigkeit der Messung mit dem Lineal ist hier sicherlich deutlich größer. Auch diese Rechnung zeigt, dass der Impulserhaltungssatz erfüllt ist.

# 4 Drehimpulserhaltung

Für die Winkelgeschwindigkeiten erhält man aus Grafik 3 folgende Werte:

$$\omega_1 = \frac{13°}{2\Delta t} = 2.26\frac{1}{s} \qquad \omega_1' = \frac{40°}{4\Delta t} = 3.49\frac{1}{s} \qquad \omega_2 = \frac{-23°}{3\Delta t} = -2.68\frac{1}{s} \qquad \omega_2' = \frac{-16°}{4\Delta t} = -1.40\frac{1}{s}$$

Damit ist dann:

$$\omega_1 - \omega_2 - (\omega_1' - \omega_2') = (4.94 - 4.89)\frac{1}{s} = 0.05\frac{1}{s}$$

Das entspricht einer Abweichung von 1%. Der Drehimpulserhaltungssatz scheint also zu stimmen.

# 5 Trägheitsmoment

## 5.1 Theoretisch

Wir erhielten für die Massen der Zylinderscheiben $m = (22.6 \pm 0.2)g$ und für ihre Durchmesser $d = 2.93cm \pm 0.2)mm$. Die Messungenauigkeit ergibt sich als:

$$u_J = \frac{\partial J}{\partial m}u_m + \frac{\partial J}{\partial d}u_d = \frac{d^2}{8}u_m + \frac{md}{4}u_d = 6 \cdot 10^{-8}kg \cdot m^2$$

Damit beträgt der theoretische Wert des Trägheitsmomentes:

$$J_h = \frac{m}{2}(\frac{d}{2})^2 = (2.43 \pm 0.06) \cdot 10^{-6}kg \cdot m^2$$

## 5.2 Experimentell

Aus Grafik 4 erhielten wir $a_2 = 2.66cm, a_2' = 2.08cm$. Daraus ergibt sich dann für das Trägheitsmoment:

$$J = \frac{a_2 m v_2 - a_2' m v_2'}{\omega_1 + \omega_2 - \omega_1' - \omega_2'} = -3.69 \cdot 10^{-6}kg \cdot m^2$$

Dieser negative Wert ist absolut unpassend. Allerdings führen hier schon kleine Veränderungen der $a$-Werte zu starken Schwankungen. Auch die sonstigen Werte sind schon durch die grafische Auswertung äußerst ungenau. Zumindest ist zu sehen, dass die Größenordnung von $10^{-6}kg \cdot m^2$ erreicht ist, d.h. $q = \frac{J}{J_h} = -1.5 < 10$.

# 6 Energiebilanz

Nach der angegebenen Gleichung ergibt sich für die Energiebilanz:

$$\frac{\Delta U}{E} = \frac{E - E'}{E} = 14.2\%$$

Damit liegen wir über dem erwarteten Wert von 10%.

Anlagen:

- Grafiken
- Nebenrechnungen zur Auswertung der Grafiken
- Messprotokoll

Potsdam, 22. Januar 2004

Alena Zwanzig Harald Haakh