

## SG Stoßgesetze

Stichworte: Elastischer Stoß, unelastischer Stoß, Schwerpunkt

Zubehör: Kugelstoßapparat  
2 Stahlkugeln  
Glaskugel (Murmel)  
Kohlepapier

**Stichworte:** Elastischer Stoß, unelastischer Stoß, Schwerpunkt

### 1. Fragen zur Vorbereitung:

1. Trägt man die Geschwindigkeitsvektoren der Kugeln im Schwerpunktsystem alle von einem Punkt P aus ab, so liegen ihre Spitzen auf Kreisen. Wieso?
2. Wie liegen die Mittelpunkte der Kreise relativ zum Punkt P?
3. Wie groß ist der Winkel zwischen den beiden Kugeln im Schwerpunktsystem nach dem Stoß?
4. Wieso müssen die Aufprallpunkte der gestoßenen Kugel um  $r_1 + r_2$  (Radien der Kugeln) in Richtung auf die Drehachse versetzt werden?

### 2. Versuchsanleitung

Eine Stahlkugel durchläuft auf einer Schiene einen bestimmten Höhenunterschied und stößt mit horizontaler Geschwindigkeit auf eine zweite, ruhende Kugel (Stahl oder Glas). Beide Kugeln fallen vom Augenblick des Stoßes an frei und prallen auf eine waagrechte Fläche. Auf die Aufprallfläche wird ein Blatt Papier (A4) geklemmt. Durch aufgelegtes verschiedenfarbiges Kohlepapier werden die Aufprallpunkte von stoßender und gestoßener Kugel festgehalten (am besten bestimmt man durch Stoß ohne Kohlepapier schon vorher die ungefähren Aufprallpunkte).

Mit Hilfe einer Hülse lässt sich die gestoßene Kugel leicht wieder auf die Auflage legen. Diese Auflage ist um eine senkrechte Achse drehbar, außerdem kann sie auf zwei verschiedene Höhen eingestellt werden. Durch Drehen der Auflage wird der Stoßparameter zwischen einlaufender und ruhender Kugel verändert, durch die Höhenverstellung wird erreicht, dass die Mittelpunkte von stoßender und gestoßener Kugel (sowohl für die Stahlkugel als auch für die Murmel) im Augenblick des Stoßes in gleicher Höhe liegen. Für die Murmel verwendet man die untere Einstellung, für die Stahlkugel die obere.

Das Ende der Drehachse ist auf dem Papier zu markieren. Der Kugelstoßapparat ist so konstruiert, dass der Mittelpunkt der stoßenden Kugel sich genau dann senkrecht über der Drehachse befindet, wenn die ruhende Kugel berührt wird und diese frei zu fallen beginnt.

Man ändere den Stoßparameter so, dass die Kurven, auf denen die Aufprallpunkte liegen, möglichst gleichmäßig mit Messpunkten belegt sind. D.h., die sich ergebenden Kreise

müssen klar als solche zu erkennen sein. Kennzeichnen Sie die Punkte so, dass stoßende und gestoßene Kugel unterschieden werden können. Bei streifendem oder nahezu zentralem Stoß kann die Kugel mit kleinem Impuls beim Herabfallen die Auflagevorrichtung berühren. In diesem Fall ist nur der Aufprallpunkt der Kugel mit großem Impuls zur Auswertung heranzuziehen.

**Bemerkungen:**

Trägt man die Geschwindigkeitsvektoren der Kugeln nach dem Stoß für verschiedene Stoßparameter alle von einem Punkt aus ab, so liegen ihre Spitzen bei einem ideal elastischen Stoß auf zwei konzentrischen Kreisen. Für die Radien der sich ergebenden Geschwindigkeitskreise gilt

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1} , \quad (\text{SG.1})$$

wobei Index 1 die stoßende und Index 2 die gestoßene Kugel bezeichnet.

Bei gleicher Fallzeit liegen die Spitzen der Flugweitenvektoren dann ebenfalls auf Kreisen und es gilt

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{m_2}{m_1} . \quad (\text{SG.2})$$

Die Lage der gestoßenen Kugel ändert sich nun mit dem eingestellten Stoßparameter. Die Aufprallpunkte der gestoßenen Kugel müssen deshalb um den Betrag  $(r_1 + r_2)$  in Richtung auf die Drehachse versetzt werden, um den gewünschten Kreis zu erhalten,  $r_1$  bzw.  $r_2$  sind die Radien der Kugeln 1 und 2.

Auch nach dieser Korrektur sind die beiden Kreise nicht konzentrisch. Wegen nicht zu beseitigender systematischer Fehler der Versuchsanordnung (Reibung zwischen den Kugeln beim Stoß, Rotation der Kugeln) bekommt die gestoßene Kugel eine zusätzliche Geschwindigkeitskomponente parallel zur Geschwindigkeit  $v_{10}$  der einlaufenden Kugel.

Zur Auswertung legt man am besten durchsichtiges Papier über die Aufnahme, bestimmt darauf die Mittelpunkte der jeweils vier Punkte eines festen Stoßparameters und bringt dann die Korrektur an. Für diese korrigierten Mittelpunkte misst man die in Formel SG.3 auftretenden Größen.

### 3. Aufgaben

1. Man bestimme je 4 Aufprallpunkte bei ca. 15 verschiedenen Stoßparametern
  - a) bei zwei gleichen Kugeln (Stahl auf Stahl)
  - b) bei zwei verschiedenen Kugeln (Stahl auf Glas)
2. Ist  $\varphi$  der Winkel zwischen den Geschwindigkeiten nach dem Stoß,  $s_1$  bzw.  $s_2$  die Flugweiten der Kugeln, dann gilt für das Massenverhältnis der Kugeln

$$\frac{m_2}{m_1} = 1 - 2 \cdot \frac{s_1}{s_2} \cos \varphi , \quad \left( \frac{s_1}{s_2} = \frac{v_1}{v_2} \right) \quad (\text{SG.3})$$

$v_1$  bzw.  $v_2$  sind die Beträge der Geschwindigkeiten nach dem Stoß.

Leiten Sie diese Formel ab. Zeichnen Sie zu diesem Zweck die Addition der Impulsvektoren auf, und benutzen Sie Impuls- und Energiesatz.

3. Berechnen Sie nach Formel SG.3 das Massenverhältnis für Stöße mit  $5^\circ < \beta < 85^\circ$  wobei  $\beta$  der Winkel zwischen  $\mathbf{v}_{10}$  und der Verbindung der Mittelpunkte  $\overline{M_1 M_2}$  der Kugeln 1 bzw. 2 ist.  $\mathbf{v}_{10}$  ist die Geschwindigkeit der ankommenden Kugel.
4. Bestimmen Sie  $\frac{m_2}{m_1}$  aus den Kreisradien.