1.7.10 Elastischer Stoss mit Luftkissenbahn

******

1 Motivation

Dieser Versuch demonstriert das unterschiedliche Verhalten von elastischen und unelastischen Stössen.

2 Experiment

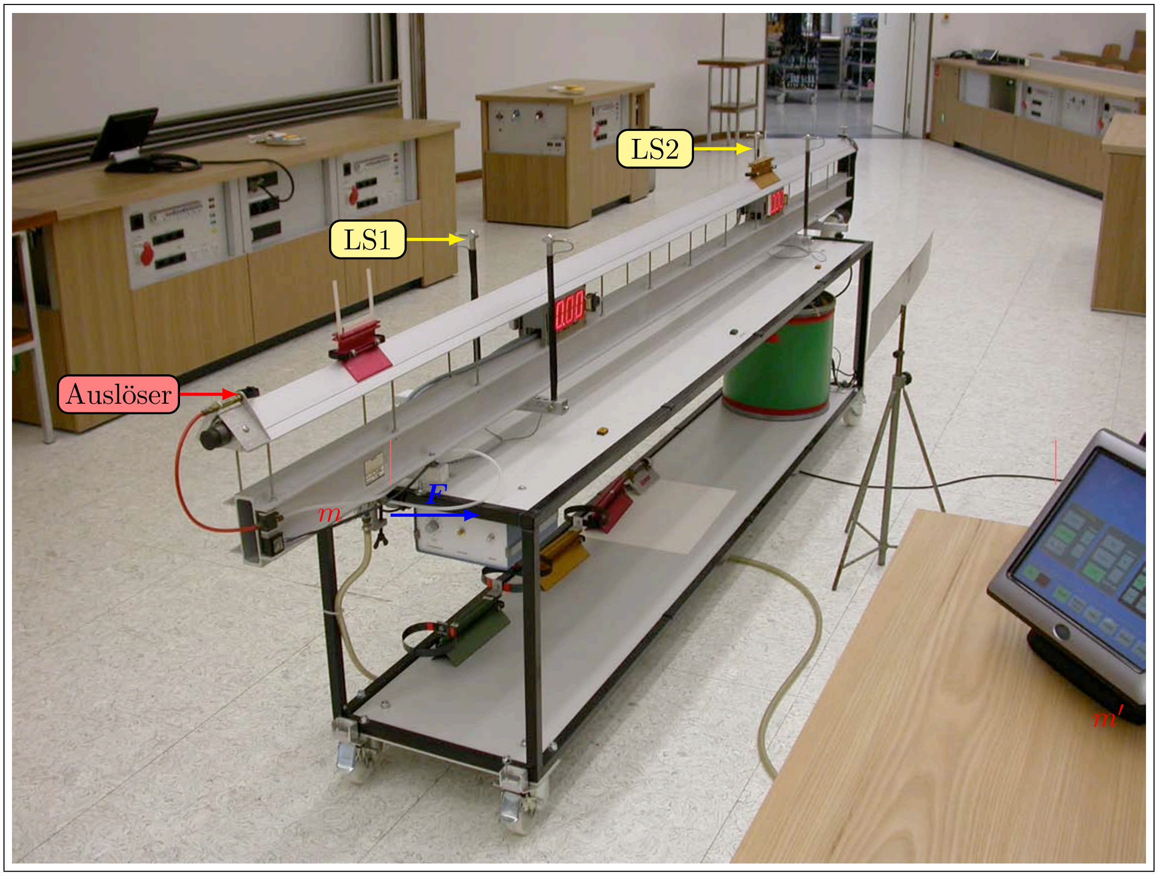

Abbildung 1: Versuchsaufbau Elastischer Stoss mit Luftkissenbahn. Der Auslöser erteilt dem stossenden Schiffchen eine vorgegebene feste Geschwindigkeit. Die Geschwindigkeit der Schiffchen nach dem Stoss werden mit den Lichtschranken LS1 bzw. LS2 gemessen.

Zwei Schiffchen der Massen m_1 und m_2 befinden sich auf einer Luftkissenbahn, so dass die Reibung ihre Bewegung nur minimal beeinträchtigt. Ein Auslöser erteilt dem Schiffchen mit Masse m_1 durch eine gespannte Feder eine fest vorgegebene Energie und damit auch eine fest vorgegebene Geschwindigkeit v (siehe Abb. 1). Dieses Schiffchen fährt zunächst durch Lichtschranke LS1. Die beiden Bügel am Anfang und am Ende des Schiffchens (Abstand $a = 100\,\mathrm{mm}$) erzeugen das Start bzw. das Stoppsignal für die Messung der Durchlaufzeit Δt, woraus sich die Geschwindigkeit v_i berechnen lässt (siehe Abb. 2):

$$v_i = \frac{a}{\Delta t_i} \tag{1}$$

Für das einlaufende Schiffchen der Masse m_0 ist $\Delta t_0 = 160\,\text{ms}$ und damit $v_0 = 625\,\text{mm/s}$.

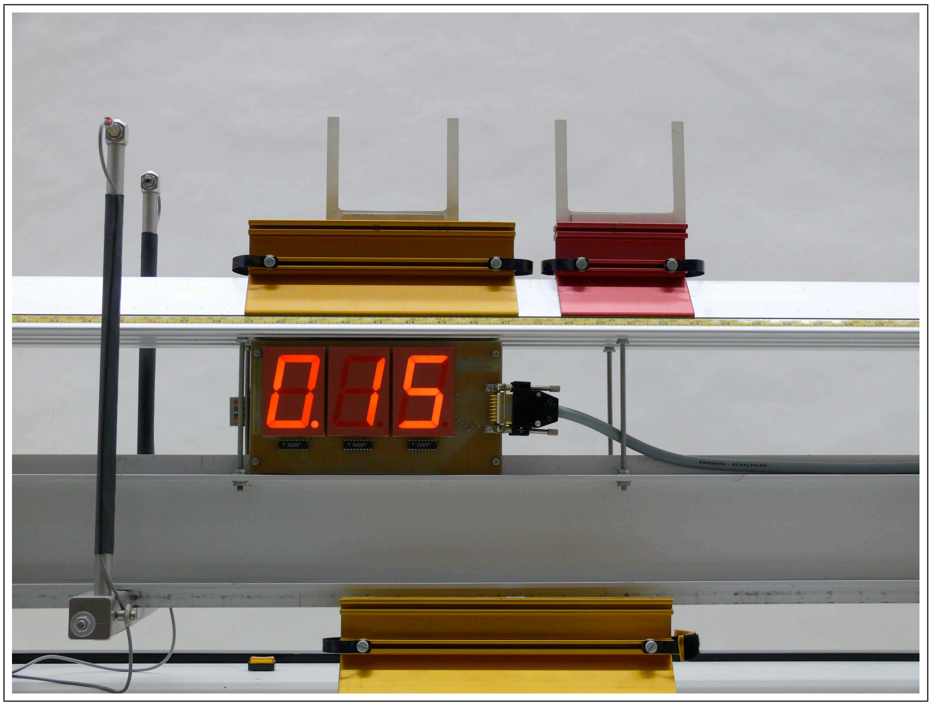

Abbildung 2: Schiffchen mit Lichtschranke und Zeitmesser

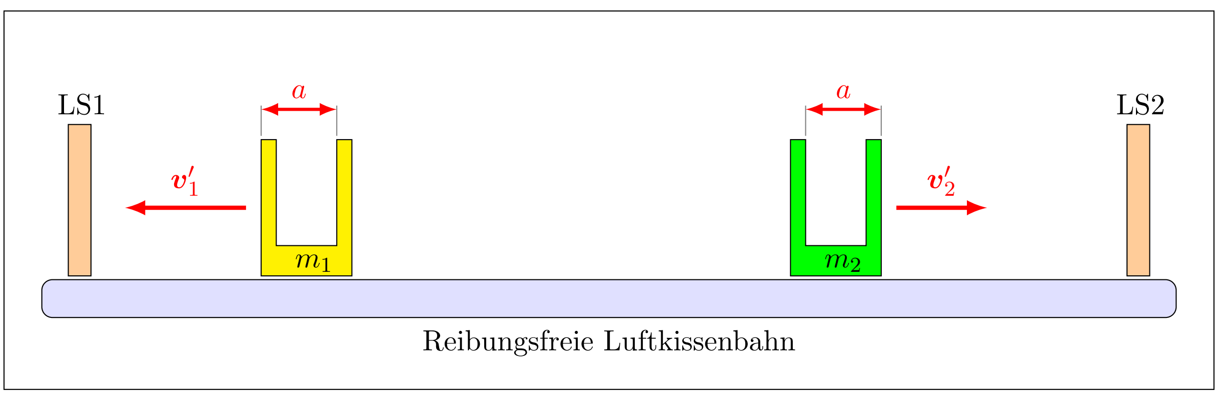

Abbildung 3: Bewegung der beiden Massen m_1 und m_2 nach dem elastischen Stoss. Die Geschwindigkeiten v_1 und v_2 werden mit den Lichtschranken LS1 bzw. LS2 gemessen.

Nach dem Stoss auf das zweite Schiffchen werden die Geschwindigkeiten v_1' bzw. v_2' der beiden Schiffchen mit den Lichtschranken LS1 bzw. LS2 gemessen (siehe Abb. 3). Aus den daraus ermittelten Zeitspannen Δt_i werden dann die Geschwindigkeiten v_i', die Impulse p_i' und die kinetischen Energieen E_i' berechnet.

Bei diesem Experiment können sowohl elastische als auch total unelastische Stösse durchgeführt werden. Da die Stösse zentral und eindimensional verlaufen, stellen wir unsere Geschwindigkeiten und Impulse als 1-dimensionale Vektoren (und nicht Beträge) dar. Sie können damit sowohl positive als auch negative Werte annehmen.

a) Elastischer Stoss:

Vor dem Stoss gilt:

$$v_1 = v \qquad v_2 = 0 \tag{2}$$
$$p_1 = m_1 v \qquad p_2 = 0 \tag{3}$$
$$E_1 = \tfrac{1}{2} m_1 v^2 \qquad E_2 = 0 \tag{4}$$

Die Geschwindigkeiten nach dem Stoss folgen aus der Impuls- und Energieerhaltung:

$$m_1 v = m_1 v_1' + m_2 v_2' \tag{5}$$
$$\tfrac{1}{2} m_1 v^2 = \tfrac{1}{2} m_1 {v_1'}^2 + \tfrac{1}{2} m_2 {v_2'}^2 \tag{6}$$

$$\boxed{\Rightarrow \quad v_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v \quad \text{und} \quad v_2' = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v} \tag{7}$$

Tabelle 1 führt Beispiele für elastische Stösse mit unterschiedlichen Massenverhältnissen auf.

Tabelle 1: Elastischer Stoss ($\Delta t_1^{\text{exp}} = \Delta t_0 = 160\,\text{ms}$, $v_0 = 625\,\text{mm/s}$), m_0 ist Referenzmasse.

Massen		vor dem Stoss				nach dem Stoss					
$\frac{m_1}{m_0}$	$\frac{m_2}{m_0}$	$\frac{v_1}{v_0}$	$\frac{v_2}{v_0}$	$\frac{\Delta t_1^{\text{exp}}}{\text{ms}}$	$\frac{\Delta t_2^{\text{exp}}}{\text{ms}}$	$\frac{v_1'}{v_0}$	$\frac{v_2'}{v_0}$	$\frac{\Delta {t'}_1^{\text{ber}}}{\Delta t_0}$	$\frac{\Delta {t'}_1^{\text{exp}}}{\text{ms}}$	$\frac{\Delta {t'}_2^{\text{ber}}}{\Delta t_0}$	$\frac{\Delta {t'}_2^{\text{exp}}}{\text{ms}}$
1	$\gg 1$	1	0	160	∞	-1	0	1	-	-	-
1	1	1	0	160	∞	0	1	0	0	1	160
1	2	1	0	160	∞	$-\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	3	540	$\frac{3}{2}$	250
2	1	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	0	210	∞	$\frac{\sqrt{2}}{6}$	$\frac{2\sqrt{2}}{3}$	$3\sqrt{2}$	-	$\frac{3\sqrt{2}}{4}$	170

b) Unelastischer Stoss:

Die kollidierenden Schiffchen sind mit Klettband nach dem Stoss untrennbar miteinander verbunden und gleiten gemeinsam mit der Geschwindikeit u dahin. Die kinetische Energie bleibt nicht erhalten, es gilt aber weiterhin der Impulssatz:

$$m_1 v = (m_1 + m_2)\, u \tag{8}$$

$$\boxed{\Rightarrow \quad u = \frac{m_1}{m_1 + m_2} v} \tag{9}$$

Tabelle 2: Unelastischer Stoss ($\Delta t_1^{\mathrm{exp}} = \Delta t_0 = 160\,\mathrm{ms}$, $v_0 = 625\,\mathrm{mm/s}$), m_0 ist Referenzmasse.

Massen		vor dem Stoss				nach dem Stoss		
$\frac{m_1}{m_0}$	$\frac{m_2}{m_0}$	$\frac{v_1}{v_0}$	$\frac{v_2}{v_0}$	$\frac{\Delta t_1^{\mathrm{exp}}}{\mathrm{ms}}$	$\frac{\Delta t_2^{\mathrm{exp}}}{\mathrm{ms}}$	$\frac{u}{v_0}$	$\frac{\Delta t'^{\mathrm{ber}}}{\Delta t_0}$	$\frac{\Delta t'^{\mathrm{ber}}}{\mathrm{ms}}$
1	$\gg 1$	1	0	160	∞	0	-	-
1	1	1	0	160	∞	$\frac{1}{2}$	2	350
1	2	1	0	160	∞	$\frac{1}{3}$	3	540
2	1	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	0	220	∞	$\frac{\sqrt{2}}{3}$	$\frac{3\sqrt{2}}{2}$	340

Tabelle 2 führt Beispiele für unelastische Stösse mit unterschiedlichen Massenverhältnissen auf.