

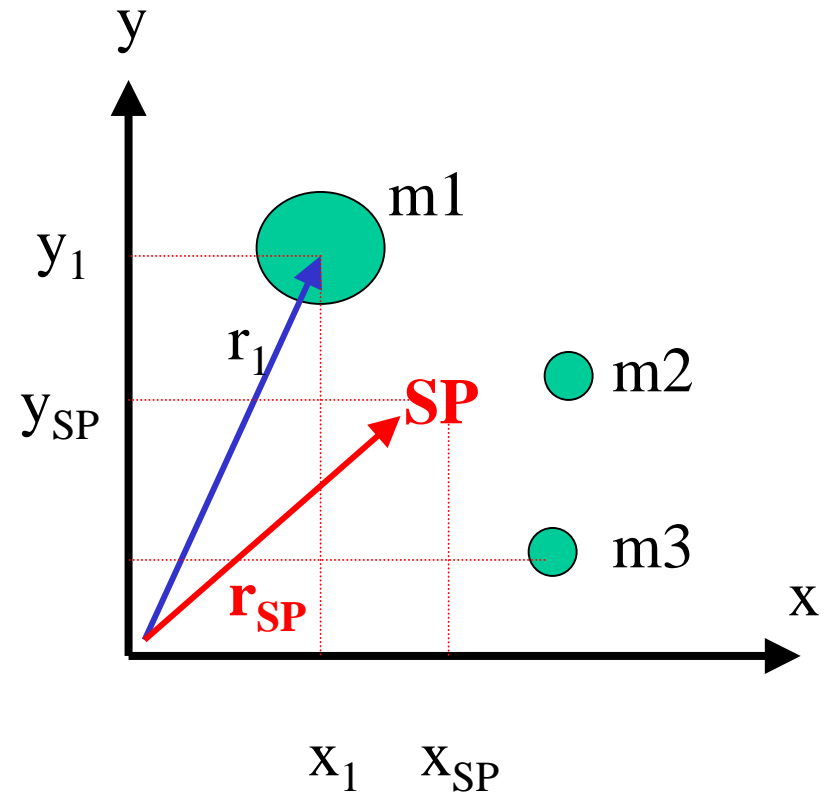
# Schwerpunkt mehrerer Punktmassen

$$\vec{r}_{SP} = \frac{\sum m_i \vec{r}_i}{\sum m_i}$$

$$x_{SP} = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i}$$

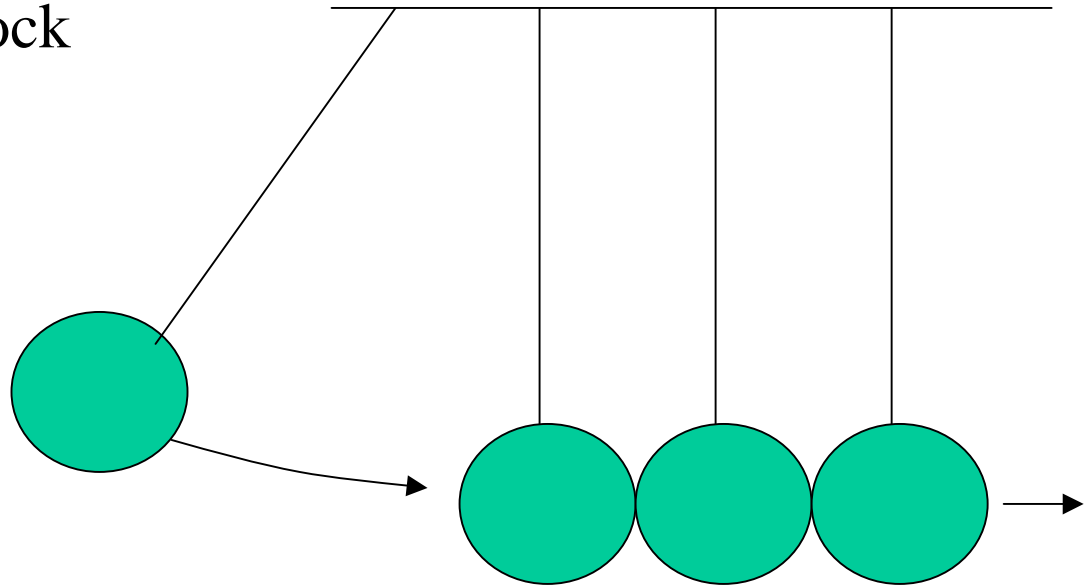
$$y_{SP} = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i}$$

$$z_{SP} = \frac{\sum m_i z_i}{\sum m_i}$$



# Elastischer Stoß von Punktmassen

Experiment Tick-Tock



Eine Kugel stößt mit  $v$ .

Nach dem IES wäre es möglich, dass zwei Kugeln mit  $\frac{1}{2} v$  davonfliegen.

**AUFGABE :** Zeige durch Einsetzen von  $v^* = \frac{1}{2} v$  in den EES, dass diese Lösung nicht möglich ist.

- **Impulserhaltungssatz (IES)**

$$\mathbf{m}_1 \vec{v}_1 + \mathbf{m}_2 \vec{v}_2 + \dots = \mathbf{m}_1 \vec{v}_1 + \mathbf{m}_2 \vec{v}_2 + \dots$$

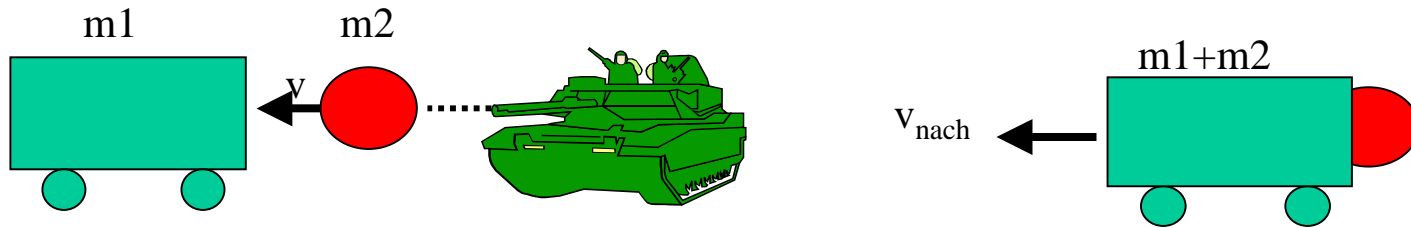
ZP1 / vor dem Stoß                      ZP2 / nach dem Stoß

- **Energieerhaltungssatz (EES)**

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 + \dots = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 + \dots$$

ZP1 / vor dem Stoß                      ZP2 / nach dem Stoß

# Unelastischer Stoß



IES

$$0 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v_{\text{nach}}$$

für  $m_1 = m_2$  ist  $v_{\text{nach}} = \frac{1}{2} v_2$

EES

$$0 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \stackrel{?}{=} \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v_{\text{nach}}^2$$

$$\frac{1}{2} m_2 v_2^2 \stackrel{?}{=} \frac{1}{2} (2 m_2) \left(\frac{1}{2} v_2\right)^2$$

Keine Gleichheit !

**Der EES ist scheinbar verletzt.**

**Erklärung :**

- **Es handelt sich nicht um einen elastischen Stoß, sondern um einen unelastischen Stoß**
- **Es tritt dauerhafte Verformung / plastische Verformung auf**
- **Es entsteht Innere Energie („Reibungswärme“)**

**Es gilt der EES mit Berücksichtigung von  $E_{\text{Verlust}}$**

**Die Formänderungsarbeit und die Innere Energie sind als Verlustenergien zum Zeitpunkt „nach dem Stoß“ in der Energiegleichung zu bilanzieren.**

- **Wenn  $m_1 = m_2$  ist, dann ist der Verlust an klassischer mechanischer Energie maximal (50%)**

- **Impulserhaltungssatz (IES)**

$$\mathbf{m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v_{nach}}$$

- **Energieerhaltungssatz (EES)**

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v_{nach}^2 + \mathbf{E_{Verlust}}$$

Nach dem „**vollkommen unelastischen Stoß**“ sind die Massen vereinigt und bewegen sich mit gleicher Geschwindigkeit.