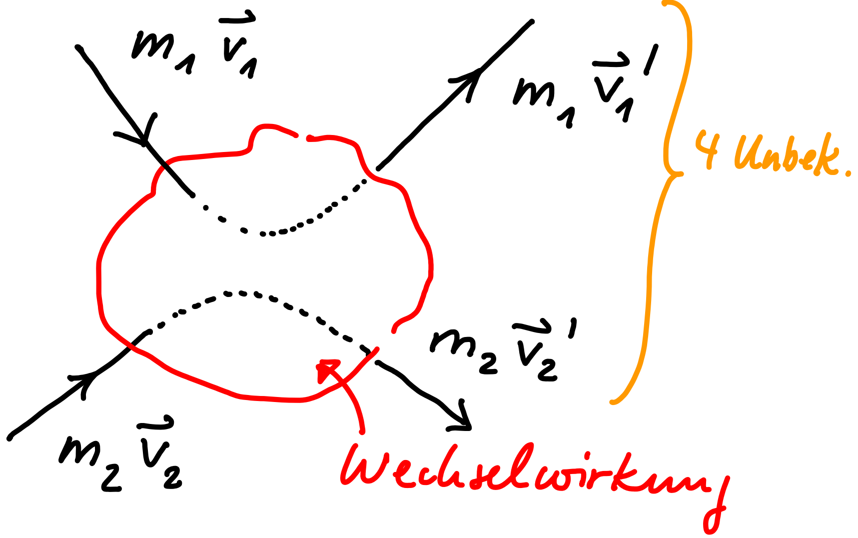
# Stoßprozesse (Beschränkung auf 2 Teilchen)

nichtrelativistisch $E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{p^2}{2m}$

## Allgemeine Beschreibung




Energieerhaltung

Impulserhaltung

3 Gleichungen

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1{}' + \vec{p}_2{}'$$

Gesamtimpuls (vorher) = Gesamtimpuls (nachher)

$$\frac{\vec{p}_1^{\,2}}{2m_1} + \frac{\vec{p}_2^{\,2}}{2m_2} + Q = \frac{(\vec{p}_1{}')^2}{2m_1} + \frac{(\vec{p}_2{}')^2}{2m_2}$$

$Q = 0$ elastischer Stoß

$Q < 0$ inelastischer Stoß

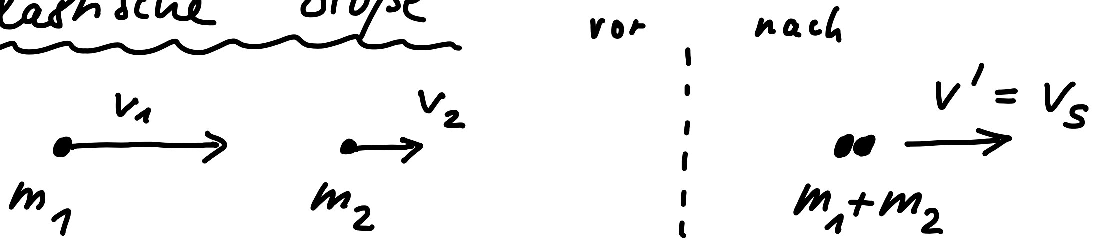
$Q > 0$ superelastischer Stoß

Aus Drehimpulserhaltung folgt:

$\vec{p}_1, \vec{p}_2, \vec{p}_1{}', \vec{p}_2{}'$ liegen in einer Ebene

# Inelastische Stöße

Hier 1dim (ÜB7 2dim)




$$\vec{v}_S = \frac{m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2}{m_1+m_2} \qquad \vec{P}_S = M\cdot\vec{v}_S$$

oder Impulserhaltung

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = (m_1+m_2)\cdot\vec{v}\,' \rightsquigarrow \vec{v}\,' = \frac{m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2}{m_1+m_2} = \vec{v}_S$$

Energieerhaltung: Wie groß ist Q

sh. ÜB7

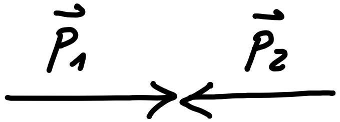
$$Q = \frac{1}{2}(m_1+m_2)v_S^2 - \frac{1}{2}(m_1v_1^2 + m_2v_2^2) = -\frac{1}{2}\mu\, v_{12}^2$$

red. Masse $\mu = \frac{m_1m_2}{m_1+m_2}$

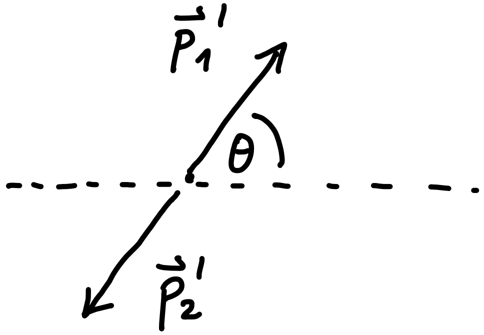
Die kinetische Energie der Relativbewegung geht beim vollständig inelastischen Stoß verloren

# Elastische Stöße im Schwerpunktsystem

Im SPS Gesamtimpuls = 0




vor | nach




$$\vec p_1 = -\vec p_2$$

$$m_1 \vec v_1 = -m_2 \vec v_2$$

$$\vec p_1{}' = -\vec p_2{}'$$

Energieerhaltung $(Q=0)$

$$\frac{p_1^2}{2m_1} + \frac{p_2^2}{2m_2} = \frac{p_1'^2}{2m_1} + \frac{p_2'^2}{2m_2}$$

$$p_1^2 \cancel{\left(\frac{1}{2m_1} + \frac{1}{2m_2}\right)} = p_1'^2 \cancel{\left(\frac{1}{2m_1} + \frac{1}{2m_2}\right)}$$

$$p_1 = p_1'$$

Genauso $p_2 = p_2'$

Die kinetischen Energien der einzelnen Teilchen bleiben erhalten

**Beispiel:**

$v_A = 0.8\,\text{m/s}$ $\qquad$ $v_B = -2.2\,\text{m/s}$

$m_A = m$ $\qquad$ $m_B = 2m$

Relativgeschwindigkeit $v_A - v_B = 3\,\text{m/s}$

**Impulserh.:** $m v_A + 2m v_B = m v_A' + 2m v_B'$

**Energieerh.:** $\rightsquigarrow$ $v_A^2 + 2 v_B^2 = v_A'^2 + 2 v_B'^2$

$v_A' - v_B' = -(v_A - v_B)$
statt Energieerh. als 2. Gleichung

Umweg ins Schwerpunktsystem $\quad v_S = \dfrac{m \cdot 0.8\,\text{m/s} - 2m \cdot 2.2\,\text{m/s}}{3m} = \dfrac{-3.6}{3}\dfrac{\text{m}}{\text{s}} = -1.2\,\dfrac{\text{m}}{\text{s}}$

**Im SPS:**

$v_A = 2\,\text{m/s}$ $\qquad$ $v_B = -1\,\text{m/s}$

A $\qquad$ B

$p_A = m \cdot 2\,\text{m/s}$ $\qquad$ $p_B = 2m \cdot 1\,\text{m/s}$

Auch hier $v_A - v_B = 3\,\text{m/s}$

nach dem Stoß im SPS

$v_A' = -2\,\text{m/s}$ $\qquad$ $v_B' = +1\,\text{m/s}$

kin. Energie muss gleich bleiben

$v_A' - v_B' = -3\,\text{m/s}$

Relativgeschw. dreht sich um!

$\downarrow$

Auch im Laborsystem

**Ins LS:** nach dem Stoß

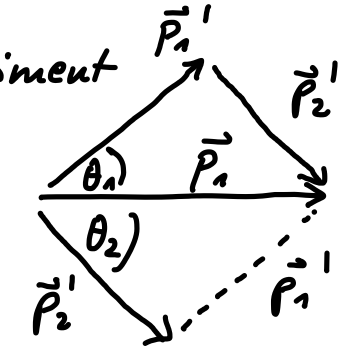
$v_B' = -0{,}2\,\text{m/s}$

$v_A' = -3.2\,\text{m/s}$

## Spezialfälle:

$m_1 \xrightarrow{v_1}$ $\qquad$ $m_2$ in Ruhe

fixed target experiment




**elastisch:**

$$\vec{p}_1 = \vec{p}_1{}' + \vec{p}_2{}'$$

$$\frac{p_1^2}{2m_1} = \frac{p_1'^2}{2m_1} + \frac{p_2'^2}{2m_2}$$

a) $m_1 = m_2$ $\qquad p_1^2 = p_1'^2 + p_2'^2$ $\quad$ Pythagoras $\quad \vec{p}_1{}' \perp \vec{p}_2{}'$

(näherungsweise z.B. Billard)

b) zentraler Stoß $\quad \theta_1 = \theta_2 = 0$

(Rechnung wie in voriger Folie) $\qquad v_1' = \dfrac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1$

$m_1 > m_2$ Nachlaufen

$m_1 < m_2$ Zurückprallen

# (Moderne) Anwendung: Zerfälle von Atomkernen

Vorher

$^{222}Rn$

in Ruhe

Nachher

Im 2 Körperzerfall ganz genau festgelegte Energien

$v_2$

$^{218}Po$

α-Teilchen (2p, 2n)

$v_1$

$^{4}He$-Kern

$m_{Po} = 3.62 \cdot 10^{-25}\,kg$ $\qquad$ $m_\alpha = 6.65 \cdot 10^{-27}\,kg$

Zerfall, weil Zweiteilchen ($Po + \alpha$) ist energetisch günstiger

Es wird Energie frei $Q = 9.0 \cdot 10^{-13}\,J$

$$\underbrace{\frac{1}{2} m_1 v_1^2}_{K_1} + \underbrace{\frac{1}{2} m_2 v_2^2}_{K_2} = Q$$

$$m_1 v_1 = -m_2 v_2$$

$$m_1^2 v_1^2 = m_2^2 v_2^2$$

$$2 m_1 K_1 = 2 m_2 K_2 \Rightarrow \frac{K_2}{K_1} = \frac{m_1}{m_2} \text{, damit } K_1 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} Q$$

$$K_2 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} Q$$

$E_\alpha = K_1 = 8.8 \cdot 10^{-13}\,J$ $\quad$ 98% der Energie erhält das α-T.

$E_{Po} = Q - K_1 = 2 \cdot 10^{-14}\,J$ $\quad$ 2% der Energie geht in Kern Rückstoß