

1. Zwei Teilchen mit den Massen  $m_1 = 1 \text{ kg}$  und  $m_2 = 0,4 \text{ kg}$  haben im Laborsystem die Anfangsgeschwindigkeiten  $\vec{v}_1 = (2,8 \hat{x} - 3,0 \hat{y}) \text{ ms}^{-1}$  und  $\vec{v}_2 = 7,5 \hat{y} \text{ ms}^{-1}$ . Nachdem sie zusammengestoßen sind, seien ihre Geschwindigkeiten  $\vec{v}'_1 = (1,2 \hat{x} - 2,0 \hat{y}) \text{ ms}^{-1}$  und  $\vec{v}'_2 = (4,0 \hat{x} + 5,0 \hat{y}) \text{ ms}^{-1}$ .
  - a) Bestimmen Sie den **Gesamtimpuls!** (*Lösung:*  $\vec{p} = 2,8 \hat{x} \text{ kgms}^{-1}$ )
  - b) Suchen Sie ein Bezugssystem, in dem der Gesamtimpuls **vor dem Stoß** gleich Null ist (Schwerpunktsystem).
  - c) Zeigen Sie, daß der Gesamtimpuls auch **nach dem Stoß** in diesem System gleich Null ist.
  - d) Welcher Bruchteil der **kinetischen Energie** wird beim Stoß im Laborsystem umgewandelt? (*Lösung:* 44,5 % Verlust)
  - e) Ist der Stoß elastisch?
  
2. In einem Eisenbahnwaggon, der sich auf einer geraden Strecke mit  $5 \text{ ms}^{-1}$  bewegt, findet ein Frontalzusammenstoß zwischen einer  $0,1 \text{ kg}$  schweren Masse (Geschwindigkeit:  $1 \text{ ms}^{-1}$  in Zugrichtung) und einer  $0,05 \text{ kg}$  schweren Masse (Geschwindigkeit:  $5 \text{ ms}^{-1}$  gegen die Zugrichtung) statt. Beide Geschwindigkeiten sind **relativ** zum Zug gemessen. Nach dem Stoß ruht die  $0,05 \text{ kg}$  schwere Masse im **fahrenden** Zug.
  - a) Welche Geschwindigkeit hat die  $0,1 \text{ kg}$  schwere Masse nach dem Stoß? (*Lösung:*  $-1,5 \hat{x} \text{ ms}^{-1}$ )
  - b) Wieviel kinetische Energie wurde umgewandelt? (*Lösung:* 83,3 % Verlust)
 

→ Beschreiben Sie nun den Zusammenstoß vom Standpunkt eines Beobachters aus, der neben den Schienen steht.
  - c) Ist der Impuls erhalten?
  - d) Wieviel kinetische Energie geht, von diesem System aus gesehen, verloren?
  
3. Ein Geschoß detoniert im Scheitelpunkt seiner Bahn bei  $h_0 = 19,6 \text{ m}$  in zwei gleich schwere Teile. Der eine Teil erreicht die Erde  $t_1 = 1 \text{ s}$  nach der Detonation. Der Auftreffpunkt liegt senkrecht unter dem Detonationspunkt und ist die Strecke  $s_1 = 1000 \text{ m}$  vom Abschlußpunkt entfernt.
  - a) In welchem Abstand  $s_2$  vom Abschlußpunkt fällt der zweite Teil auf die Erde? (*Lösung:* 5000 m)
 

*Hinweis:* Der Luftwiderstand ist zu vernachlässigen. Stellen Sie eine Impulsbilanz für einen kurzen Zeitpunkt vor, bzw. nach der Detonation auf.
  - b) Bleibt der Impuls erhalten?
  
4. Die mittlere Lebensdauer eines  $\pi^+$ -Mesons beträgt im Ruhesystem des Teilchens  $\tau = 25 \text{ ns}$ .
  - a) Wie groß ist die mittlere Lebensdauer eines Pulses von  $\pi^+$ -Mesonen mit  $v = 0,73c$ ? (*Lösung:* 36,6 ns)
  - b) Welche Entfernung hat dieser Puls während der mittleren Lebensdauer zurückgelegt? (*Lösung:* 8,01 m)
  - c) Welche Strecke hätte er ohne relativistische Effekte zurückgelegt? (*Lösung:* 5,48 m)
  - d) Beantworten Sie die drei obigen Fragestellungen für  $v = 0,99c$ ! (*Lösung:* 177,2 ns, 52,6 m, 7,4 m)
  
5. Zwei Blitze treffen die beiden Enden eines  $20 \text{ m}$  langen Eisenbahnwaggons, der sich entlang der  $x$ -Achse mit einer Geschwindigkeit von  $v = 200 \text{ kmh}^{-1}$  bewegt. Für einen Beobachter außerhalb des Zuges wird der Waggon gleichzeitig getroffen.
 

→ Welche Zeitdifferenz zwischen den beiden Blitzen messen die Mitfahrer? (*Lösung:* -12,3 fs)
  
6. **Gleichzeitigkeit.** Man zeige rechnerisch und graphisch mit Hilfe der Lorentz-Transformation, dass zwei im Bezugssystem  $S$  gleichzeitige ( $t_1 = t_2$ ), aber örtlich getrennte Ereignisse im Allgemeinen im Bezugssystem  $S'$  nicht gleichzeitig sind.