

## Link-Ebene Physik



**Lehrplananbindung:** 11.3 Einblick in die Relativitätstheorie, Jgst. 11

**Kompetenzen:** Neben den Fachkenntnissen liegt der Schwerpunkt bei

<b>Erkenntnisgewinnung</b>	<i>Fachmethoden wiedergeben</i>	<b>Fachmethoden nutzen</b>	<i>Fachmethoden problembezogen auswählen u. anwenden</i>
<b>Kommunikation</b>	<i>Mit vorgegebenen Darstellungsformen arbeiten</i>	<i>Geeignete Darstellungsformen nutzen</i>	<i>Darstellungsformen selbstständig auswählen u. nutzen</i>
<b>Bewertung</b>	<i>Vorgegebene Bewertungen nachvollziehen</i>	<i>Vorgegebene Bewertungen beurteilen und kommentieren</i>	<i>Eigene Bewertungen vornehmen</i>

### Lebensdauer von Myonen

Myonen entstehen in ca. 10 km Höhe durch Reaktionen der kosmischen Strahlung mit Atomkernen und Molekülen der Atmosphäre. Sie bewegen sich mit einer Geschwindigkeit von ca.  $v = 0,9998c$  in Richtung der Erdoberfläche. Myonen zerfallen; bei ruhenden Myonen würde man eine mittlere Lebensdauer von ca.  $\tau = 2,2 \mu\text{s}$  messen.

a) Berechnen Sie klassisch, wie weit ein Myon in  $2,2 \mu\text{s}$  fliegen kann.

Tatsächlich können Myonen auf der Erdoberfläche nachgewiesen werden. Dieses Ergebnis steht scheinbar im Widerspruch zu a). Dieser Widerspruch kann mit einer relativistischen Betrachtung des Problems aufgelöst werden.

b) Ein Beobachter B' fliege mit den Myonen Richtung Erde mit. In seinem Bezugssystem ruhen die Myonen und er misst daher eine mittlere Lebensdauer von  $\tau' = 2,2 \mu\text{s}$ . Für einen Beobachter B auf der Erde bewegt sich B' aber mit sehr hoher Geschwindigkeit. B sieht, wie die Uhr von B' eine Zeit von  $2,2 \mu\text{s}$  anzeigt. Berechnen Sie die Zeit, die demnach Beobachter B für die mittlere Lebensdauer der Myonen gemessen hat.

c) Berechnen Sie nun, welche Strecke ein Myon innerhalb seiner mittleren Lebensdauer aus Sicht von B zurücklegen kann. Kann es die Erdoberfläche erreichen?

d) Auch aus der Sicht von B' erreichen die Myonen die Erdoberfläche! Wie sieht seine Rechnung aus?

---

**Lösung:**

a)  $s = v \cdot t = 660\text{m}$

Die Myonen müssten aus klassischer Sicht längst zerfallen sein, bevor sie die Erdoberfläche erreichen können.

b)  $t = t' \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 50t' = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ s}.$

B misst für die mittlere Lebensdauer der bewegten Myonen eine 50mal so lange Zeit.

c) Aus Sicht von B kann ein Myon deshalb im Mittel eine Strecke von  $50 \cdot 660\text{m} = 33\text{km}$  zurücklegen. Die Myonen werden die Erde erreichen.

d) Im Bezugssystem von B' ruhen die Myonen und haben eine Lebensdauer von  $2,2\mu\text{s}$ . Die Erde (mit Atomosphäre) nähert sich mit  $v = 99,98c$ . Wegen der Längenkontraktion nimmt B' Längen, die in einem relativ zu ihm bewegten Bezugssystem ruhen, verkürzt war, so auch seinen Abstand zur Erde, den er beim Start seiner Stoppuhr gerade hat. Er misst:

$$h' = h \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 200\text{m}$$

Da aus seiner Sicht die Myonen während ihrer Lebensdauer 660m zurücklegen können, erreichen Sie die Erdoberfläche leicht.