

## 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>

### Ringbeschleuniger HERA

Im Ringbeschleuniger HERA (Hadron-Elektron-Ring-Anlage) werden Protonen beschleunigt, bis sie eine kinetische Energie von ca. 900 GeV besitzen.

- Berechnen Sie auf klassische Art und Weise die Geschwindigkeit, die diese Protonen besitzen müssten. Nehmen Sie Stellung zu ihrem Ergebnis. Wie lässt sich der vermeintliche Widerspruch auflösen?
- Berechnen Sie die Masse, die ein Proton mit oben genannter Energie besitzt.
- Ermitteln Sie die tatsächliche Geschwindigkeit dieser Protonen.

Lösung:

a) Klassisch:  $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_{\text{kin}}}{m}} = 1,3 \cdot 10^{10} \frac{\text{m}}{\text{s}} > c$

Die Geschwindigkeit wäre größer als die Lichtgeschwindigkeit. Dies kann nicht sein. Das Proton bewegt sich mit so großer Geschwindigkeit, dass eine relativistische Rechnung notwendig wird. Mit einer großen Geschwindigkeit geht eine Erhöhung der Masse des Protons einher, was wiederum Auswirkungen auf seine kin. Energie hat. Dies wird in der klassischen Mechanik nicht berücksichtigt.

b)  $E_{\text{ges}} = mc^2 = E_{\text{kin}} + E_0 = 900,9 \text{ GeV} \rightarrow m = 1,6 \cdot 10^{-24} \text{ kg} \approx 960m_0$

c)  $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \rightarrow v = 0,9999995c$