

---

# Grundlagen der Physik

## Relativitätstheorie



## Widersprüche in der klassischen Mechanik

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden erhebliche Widersprüche in der klassischen Mechanik sichtbar und die bisherigen Annahmen über Raum und Zeit in Frage gestellt.



## Annahmen der speziellen Relativitätstheorie

### Das Relativitätsprinzip

In Bezugssystemen, die sich mit konstanter Geschwindigkeit zueinander bewegen, gelten die physikalischen Gesetze in gleicher Weise.

### Konstanz der Lichtgeschwindigkeit

Die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ist stets gleich und zwar unabhängig vom Bewegungszustand der Lichtquelle und des Beobachters.



## Zeitdilatation

Uhren, die sich relativ zu einem Beobachter bewegen, gehen für diesen ruhenden Beobachter langsamer. Es gilt:

$$\Delta t' = \Delta t \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$\Delta t$ : Zeit, die für den ruhenden Beobachter vergangen ist

$\Delta t'$ : Zeit, die im dazu bewegten Bezugssystem vergangen ist



## Zeitdilatation

Körper, die sich relativ zu einem Beobachter schnell bewegen, erscheinen für diesen in Bewegungsrichtung verkürzt. Es gilt:

$$l = l_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

- $l_0$ : gemessene Länge im ruhenden Bezugssystem
- $l$ : Länge, die gemessen wird, wenn man sich in oder gegen Bewegungsrichtung mit der Geschwindigkeit  $v$  bewegt



## Relativistische Massenzunahme

Ein Körper wird mit wachsender Geschwindigkeit immer schwerer. Es gilt

$$m = \gamma \cdot m_0 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$m$ : gemessene Masse im bewegten Bezugssystem  
 $m_0$ : Ruhemasse



## Gleichzeitigkeit

Gleichzeitigkeit ist relativ.

Ereignisse, die in einem Inertialsystem gleichzeitig ablaufen, sind aus Sicht eines dazu bewegten Beobachters nicht gleichzeitig.



## Äquivalenz von Masse und Energie

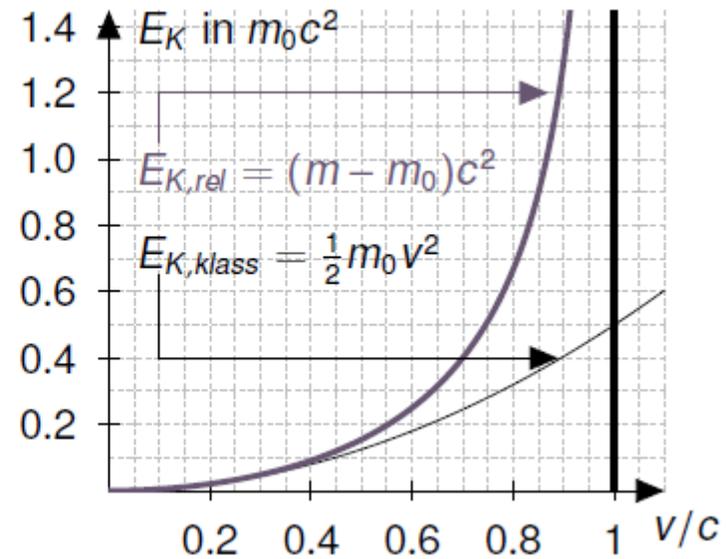
$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$



## Kinetische Energie

$$E_K = (m - m_0)c^2$$

Bis  $v = 0,1c$  ist die klassische Formel eine gute Näherung.





## Addition von Geschwindigkeiten

Statt der klassischen Geschwindigkeitsaddition  $u = u' + v$  gilt allgemeiner die relativistische Addition der Geschwindigkeiten:

$$u = \frac{u' + v}{1 + \frac{u' \cdot v}{c^2}}$$

$u$ : Geschw. im ruhenden B-System

$u'$ : Geschw. im bewegten B-System

$v$ : Geschw. des bewegten B-System