6 Relativität

6.1 Relativbewegung

Beobachter, die sich relativ zueinander bewegen, messen verschiedene Geschwindigkeiten und Beschleunigungen:

$$\underbrace{v(t)}_{\text{relativ zu O}} = \frac{dR(t)}{dt} + \underbrace{v'(t)}_{\text{relativ zu O'}}$$
$$\underbrace{a(t)}_{\text{relativ zu O}} = \frac{d^2R(t)}{dt^2} + \underbrace{a'(t)}_{\text{relativ zu O'}}$$

6.2 Scheinkräfte

Ein **Inertialsystem** ist ein Bezugssystem, in dem die Newtonschen Gesetze gelten. Es ist *nicht beschleunigt*.

Die **Zentrifugalkraft** ist eine fiktive, nach aussen gerichtete Kraft:

$$F_{ZF} = m(r'\omega^2)e_r$$

Die **Corioliskraft** wirkt senkrecht zur radialen Geschwindigkeit:

$$F_C = m(2v'\omega)e_\varphi$$

Hinweis: Ein Bezugssystem, das feste Koordinaten relativ zur Erdoberfläche hat ist kein Inertialsystem, da die Erde sich dreht/beschleunigt ist.

6.3 Transformationen

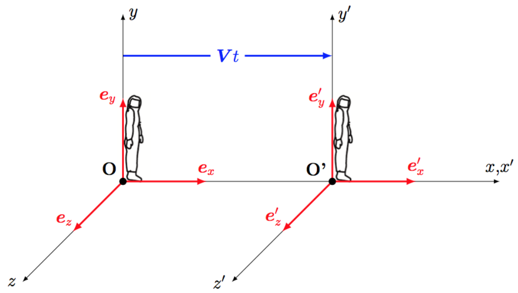
6.3.1 Ereignis

$$x^\mu \equiv (ct, x, y, z)$$

wobei das Produkt ct die Lichtgeschwindigkeit $[\frac{m}{s}]$ mal die Zeit $[s]$ ist.

6.3.2 Galileitransformation

Wir betrachten zwei Beobachter O und O', die sich relativ zueinander mit *konstanter Geschwindigkeit* bewegen.



Bewegt sich der Beobachter O' in positive Richtung der x-Achse des Bezugssystems O, so ist die Transformation gleich

$$\begin{cases} x' = x - \beta ct \\ y' = y \\ z' = z \\ ct' = ct \end{cases} \quad \text{von O nach O'}$$

$$\begin{cases} x = x' + \beta ct \\ y = y' \\ z = z' \\ ct = ct' \end{cases} \quad \text{von O' nach O}$$

wobei der **Geschwindigkeitsparameter** $\beta = \frac{V}{c}$ ist.

6.3.3 Lorentz-Transformation

Der **Lorentz-Faktor** ist gleich

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

Dann ist die Transformation gleich

$$\begin{cases} x' = \gamma(x - \beta ct) \\ y' = y \\ z' = z \\ ct' = \gamma(ct - \beta x) \end{cases} \quad \text{von O nach O'}$$

$$\begin{cases} x = \gamma(x' + \beta ct') \\ y = y' \\ z = z' \\ ct = \gamma(ct' + \beta x') \end{cases} \quad \text{von O' nach O}$$

6.3.4 Geschwindigkeitstransformation

Der **Geschwindigkeitsvektor** u bezüglich O kann wie folgt berechnet werden

$$u_x = \frac{u'_x + V}{1 + \frac{\beta}{c}u'_x}$$
$$u_y = \frac{u'_y}{\gamma(1 + \frac{\beta}{c}u'_x)}$$

6.4 Relativitätstheorie

6.4.1 Raumzeit-Intervall

Räumliche und zeitliche Entfernungen sin in verschiedenen Bezugssystemen unterschiedlich. Nur das **Raumzeit-Intervall** Δs ist gleich für alle Beobachter.

$$\Delta s^2 = \underbrace{(c\Delta t)^2}_{\substack{\text{zeitliche} \\ \text{Entfernung}}} - \underbrace{\Delta r^2}_{\substack{\text{räumliche} \\ \text{Entfernung}}}$$

6.4.2 Zeitdilatation

Das in einem bewegten Bezugssystem gemessene Zeitintervall ist immer um den Faktor γ grösser als das Eigenzeitintervall:

$$\underbrace{\Delta t'}_{\substack{\text{bezüglich } O' \\ \text{gemessene Zeit}}} = \underbrace{\gamma \cdot \Delta\tau}_{\substack{\text{bezüglich } O \\ \text{gemessene Zeit}}}$$

wobei $\Delta\tau$ das Eigenzeitintervall ist (Zeit im Ruhesystem gemessen).

Daraus folgt, dass Vorgänge länger zu dauern scheinen, wenn sie in einem System ablaufen, das sich relativ zum Beobachter bewegt.

6.4.3 Längenkontraktion

Die räumliche Entfernung zwischen zwei Punkten erscheint geringer, wenn sich der Beobachter relativ zu diesen Punkten bewegt, als wenn er relativ zu ihnen ruht:

$$\underbrace{\Delta x'}_{\substack{\text{bezüglich } O' \\ \text{gemessene Länge}}} = \underbrace{\frac{\Delta\lambda}{\gamma}}_{\substack{\text{bezüglich } O \\ \text{gemessene Länge}}}$$

wobei $\Delta\lambda$ die Eigenlänge ist (Länge im Ruhesystem gemessen).