

**Übungen zur Theoretischen Physik II**  
**Sommersemester 2015** **Blatt 12**

**Aufgabe 32: Kausalität (4 Punkte)**

Kann es zwischen den folgenden Ereignissen

a) (1 P.)

$$x_1 = 1 \text{ m}, \quad y_1 = 2 \text{ m}, \quad z_1 = 3 \text{ m}, \quad t_1 = 3 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

$$x_2 = 4 \text{ m}, \quad y_2 = 2 \text{ m}, \quad z_2 = 7 \text{ m}, \quad t_2 = 6 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

b) (1 P.)

$$x_1 = 7 \text{ m}, \quad y_1 = 0 \text{ m}, \quad z_1 = -2 \text{ m}, \quad t_1 = 1.1 \cdot 10^{-7} \text{ s}$$

$$x_2 = 4 \text{ m}, \quad y_2 = 5 \text{ m}, \quad z_2 = 3 \text{ m}, \quad t_2 = 0.9 \cdot 10^{-7} \text{ s}$$

einen kausalen Zusammenhang geben?

c) Ist es möglich, ein Inertialsystem zu finden, in dem diese Ereignisse gleichzeitig erscheinen? Mit welcher Geschwindigkeit und in welcher Richtung könnte sich dieses relativ zu dem in Aufgabenteil a) und b) bewegen? (2 P.)**Aufgabe 33: Doppelte Lorentz-Transformation (4 Punkte)**

Führen Sie die zwei Lorentz-Transformationen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten

$$x_1 = \gamma_1 (x - \beta_1 ct) \quad t_1 = \gamma_1 \left( t - \frac{\beta_1}{c} x \right)$$

und

$$x_2 = \gamma_2 (x_1 - \beta_2 ct_1) \quad t_2 = \gamma_2 \left( t_1 - \frac{\beta_2}{c} x_1 \right)$$

hintereinander aus. Zeigen Sie, dass die resultierende Transformation von  $(x, t)$  auf  $(x_2, t_2)$  ebenfalls eine Lorentz-Transformation ist. Bestimmen Sie den Lorentz-Faktor  $\gamma$  und die Relativgeschwindigkeit  $v$  für diese Transformation.**Aufgabe 34: Aussehen eines relativistischen Stabes (7 Punkte)**

Relativistisch bewegte Objekte erscheinen dem Betrachter in ihrer Form und Größe verändert oder verzerrt, weil die Laufzeiten des Lichtes vom Objekt zum Betrachter bei der Bildentstehung mitberücksichtigt werden müssen.

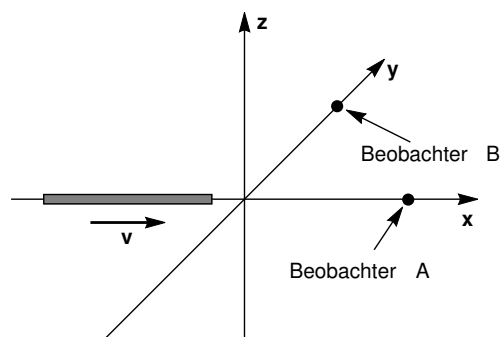


Abbildung 1: relativistischer Stab, der sich entlang seiner Achse bewegt.

- a) Ein dünner schneller Stab mit Eigenlänge  $l_0$ , der parallel zu seiner Geschwindigkeit ausgerichtet ist, fliegt direkt auf einen Beobachter A zu oder von ihm weg (siehe Abbildung 1). Stab und Beobachter A befinden sich beide auf der  $x$ -Achse des Systems  $S$ . Berechnen Sie die *scheinbare* Länge des Stabes, die der Beobachter A *sieht*. (2 P.)
- b) Ein zweiter Beobachter B sitzt bei  $y = d$  auf der  $y$ -Achse. Welche scheinbare Länge hat der Stab für den Betrachter B, zu dem Zeitpunkt an dem der Stabmittelpunkt durch den Koordinatenursprung fliegt? Rechnen Sie mit den Parametern  $v = 0.8c$  und  $d = l_0 = 1$  m. (2 P.)

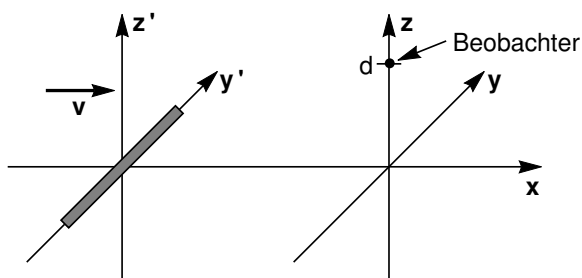


Abbildung 2: relativistischer Stab, der sich senkrecht zu seiner Achse bewegt.

- c) Ein Beobachter sitzt im ruhenden Bezugssystem  $S$  auf der  $z$ -Achse am Ort  $(x, y, z) = (0, 0, d)$ . Das Bezugssystem  $S'$  bewege sich mit der Geschwindigkeit  $v$  in  $x$ -Richtung, wobei die Koordinatenursprünge der beiden Bezugssysteme zur Zeit  $t = t' = 0$  zusammenfallen. Ein Stab ruht im Bezugssystem  $S'$  auf der  $y'$ -Achse, wobei sein Mittelpunkt im Ursprung von  $S'$  liegt (siehe Abbildung 2). Zeigen Sie, dass der Stab für den Beobachter wie eine Hyperbel in der  $x$ - $y$ -Ebene aussieht. (3 P.)

*Hinweise:*

- 1) Die Lichtstrahlen von verschiedenen Punkten des Körpers müssen *gleichzeitig* im Auge des Beobachters eintreffen.
- 2) Die Normalform der Hyperbel lautet  $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$ .

Besprechung am 10.07.2015.