

## Übungsblatt Nr. 11 zur Theorie C für Lehramtskandidaten

### 1 Relativistischer Dopplereffekt:

- a) Ein Bankräuber am Ort  $x = 0$  im Inertialsystem  $K$  beobachtet ein Polizeiauto, daß sich mit konstanter Geschwindigkeit  $v$  auf der  $x$ -Achse auf ihn zubewegt. Die Polizisten im Auto senden Lichtblitze aus, nach deren eigener Uhr im Abstand  $T_0$ , also mit der Frequenz  $\omega_0 = 2\pi/T_0$ .  
Gewinnen Sie durch geometrische Überlegung unter Verwendung der Zeitdilatation die Frequenz  $\omega'_0$  der Blitze, die der Bankräuber wahrnimmt.
- b) In einem Inertialsystem  $K$  sei eine Schall oder Wasserwelle mit Wellenzahl  $k$  und Frequenz  $\omega$  gegeben. Wir betrachten eine beliebige Wellenfront, gegeben durch  $\phi = kx - \omega t = \text{const.}$  In einem relativ zu  $K$  mit  $v$  gleichförmig in positive  $x$ -Richtung bewegten System  $K'$  gilt für diese Wellenfront  $\phi = k'x' - \omega't'$ .  
Bestimmen Sie  $k'$ ,  $\omega'$ , und vergleichen Sie mit der Lorentztransformation (siehe z.B. Blatt 10). Was ergibt sich für eine Lichtwelle mit  $\omega = ck$ ? Reproduzieren Sie damit a).

### 2 Zwillingenparadoxon:

Während Dieter B. auf der Erde verweilt, besteigt Thomas A. zur Zeit  $t = 0$  ein Raumschiff und fliegt mit  $v = 0.8c$  von der Erde weg zu einem Planeten in 8 Lichtjahren Entfernung, kehrt um und fliegt mit  $v = -0.8c$  zur Erde zurück, bremst dort ab und landet.

- a) Um wieviele Jahre sind Dieter bzw. Thomas älter geworden, als sie sich nach der Landung wieder treffen? (Die Beschleunigungsphasen mögen keinerlei Zeit beanspruchen.)  
Ergibt sich ein Paradoxon, wenn man das Ganze von Thomas' Bezugssystem aus betrachtet?
- b) Während der Reise tauschen Dieter und Thomas Lichtblitze aus: Dieter schickt an jedem Jahrestag der Abreise einen Blitz an Thomas ab, Thomas seinerseits an jedem Jahrestag einen an Dieter, jeder nach der eigenen Uhr bzw. Kalender.  
Wieviele Lichtblitze werden bis zur Landung von Dieter bzw. Thomas gesendet? (Dopplereffekt!) Wie verteilen sich diese auf die Hin- und Rückflugphase?
- c) Wieviele Impulse werden von Thomas bzw. Dieter wahrgenommen? Wie verteilen sich diese auf die Flugphasen?

### 3 Kinematik:

In dem Inertialsystem  $K$  (ein Parkplatz) bewegt sich ein Skateboard  $K'_1$  mit der Geschwindigkeit  $-c/2$  entlang der  $y$ -Achse, ein zweites  $K'_2$  mit  $+c/2$  entlang einer dazu in positiver  $x$ -Richtung parallel verschobenen Achse. Zu einer Zeit  $t_0$  überqueren beide Boards die  $x$ -Achse, und der Beobachter auf  $K'_1$  wirft ein Paket Kippen in Richtung  $K'_2$ . Von  $K$  aus gesehen, hat das Paket die konstante Geschwindigkeit  $|\mathbf{u}| = \frac{3}{4}c$ . (Reibung wird vernachlässigt.)

Mit welcher Geschwindigkeit  $\mathbf{u}'$  (Betrag und Richtung) muß der Beobachter in  $K'_1$  werfen, um  $K'_2$  zu treffen? [ Additionstheorem:  $u'_y = \frac{u_y - v}{1 - u_y v/c^2}$ ,  $u'_x = \frac{u_x}{1 - u_y v/c^2} \sqrt{1 - v^2/c^2}$  ]