

# Übungsblatt 2

für das Tutorium am 17.03.2017

## 1. Lichtuhren

Zwischen zwei parallelen Spiegeln  $A$  und  $B$  mit Abstand  $L$  bewege sich ein Lichtblitz hin und her. Diese "Uhr" ticke bei jedem Auftreffen des Lichtblitzes auf den Spiegel  $A$ , was durch einen Zähler registriert werde. Es seien nun zwei solcher Uhren synchronisiert und in einem festen Abstand von einander aufgestellt. Eine dritte bewege sich dazu mit der konstanten Relativgeschwindigkeit  $v$  wie in Abbildung 1 dargestellt. Die Zeitmessungen finden statt, wenn Uhr 3 mit Uhr 1 bzw. Uhr 2 überlappt. Führe die Diskussion im Ruhesystem von den Uhren 1 und 2.

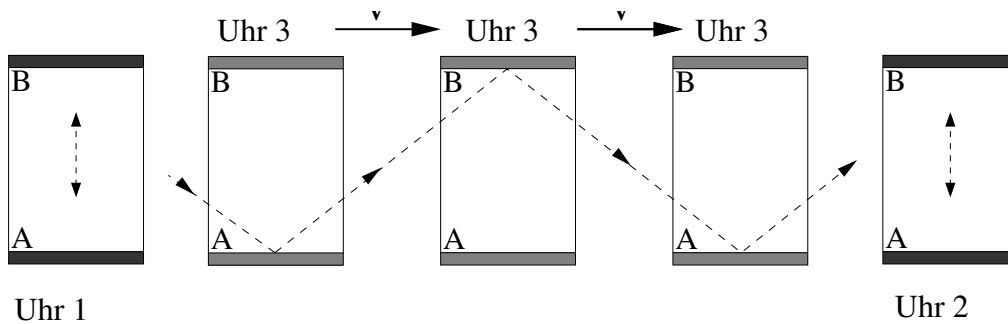


Abbildung 1: Bewegte Uhr zwischen zwei festen Uhren.

- Berechne mit Hilfe geometrischer Überlegungen den Faktor, um den die bewegte Uhr langsamer geht als die beiden ruhenden.
- Es sei der Versuchsaufbau wie in Aufgabe (a) gegeben mit dem Unterschied, dass nun die sich bewegende dritte Uhr um  $90^\circ$  so gedreht ist, dass die Bewegungsrichtung der Uhr parallel zum Laufweg des Lichtblitzes in ihrem Innern ist (siehe Abbildung 2).

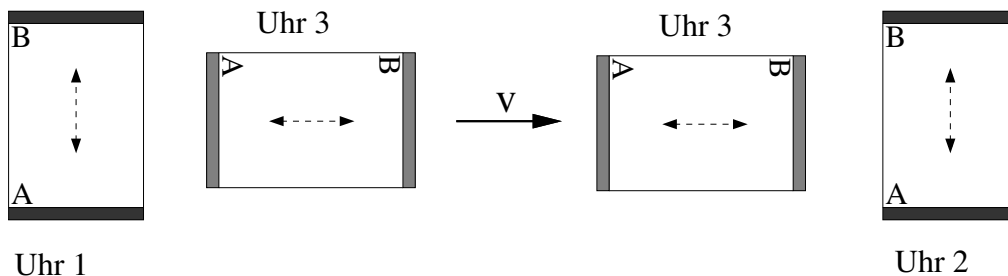
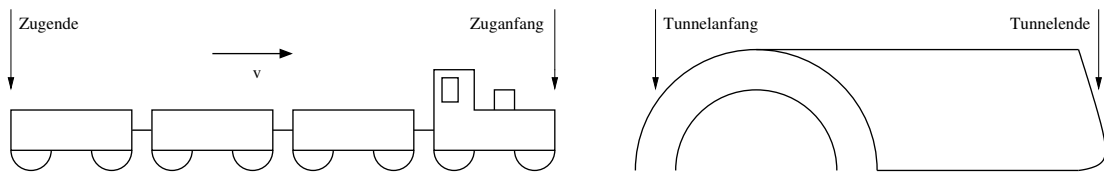


Abbildung 2: Nun ist die bewegte Uhr um  $90^\circ$  gedreht.

Um welchen Faktor muss der Abstand der beiden Spiegel der bewegten dritten Uhr verringert werden, damit sie um den in Aufgabe (a) berechneten Faktor langsamer geht? Warum ist das eine konsistente Fragestellung?

## 2. Zug im Tunnel

Ein Zug der Ruhelänge  $Z_0$  bewege sich mit der Geschwindigkeit  $v$  entlang der (positiven)  $x$ -Richtung durch einen Tunnel der Ruhelänge  $L_0$ . Sei  $S$  das Ruhesystem des Tunnels und  $S'$  das Ruhesystem des Zuges. Das Ereignis  $A$ : "Zuganfang trifft auf Tunnelanfang" finde in  $S$  zum Raumzeit-Punkt<sup>1</sup>  $x_A^\mu = (ct_A, x_A)^T = (0, 0)^T$  statt.



- (a) Berechne die Raum-Zeit-Koordinaten der folgenden Ereignisse im Ruhesystem  $S$  des Tunnels in Abhängigkeit von  $(Z_0, L_0, v)$ :
- i.  $B$ : "Zugende trifft auf Tunnelanfang"
  - ii.  $C$ : "Zuganfang trifft auf Tunnelende"
  - iii.  $D$ : "Zugende trifft auf Tunnelende"

Konkret sei nun  $Z_0 = 200m$  und  $L_0 = 160m$  und somit die Ruhelänge des Zuges größer als die des Tunnels.

- (b) Ein Beobachter in  $S$  stellt fest, dass die Ereignisse  $B$  und  $C$  gleichzeitig stattfinden. Berechne für diesen Fall die Geschwindigkeit  $v$  des Zuges.
- (c) Betrachte nun das Ruhesystem  $S'$  des Zuges und  $v$  wie in (b) berechnet. Finden irgendwelche der vier Ereignisse  $A, \dots, D$  in  $S'$  gleichzeitig statt? Bestimme die Raumzeit-Koordinaten der Ereignisse  $A, \dots, D$  in  $S'$ . Gebe die zeitliche Abfolge der vier Ereignisse in  $S'$  an.
- (d) Gibt es eine Geschwindigkeit  $\tilde{v}$  des Zuges, sodass die Ereignisse  $B$  und  $C$  im System  $S'$  gleichzeitig sind?<sup>2</sup>
- (e) Zeichne ein Minkowski-Diagramm im Ruhesystem  $S'$  des Zuges für  $L_0 < Z_0$ . Markiere die Punkte  $A, \dots, D$  und bestimme graphisch die Länge  $L$  des Tunnels im System  $S'$ .

Ankreuzbar: 1a, 1b, 2ab, 2cd, 2e

<sup>1</sup>Die  $y$ - und  $z$ -Komponenten sind für das Problem irrelevant und können weggelassen werden.

<sup>2</sup>Ja/Nein genügt nicht als Antwort. Begründe deine Aussage.